



**Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL FINAL DE GRAU

TÍTULO: Redes de fibra óptica, más allá de la luz

AUTOR: Toro Mejía, Camilo Andrés

FECHA DE PRESENTACIÓN: Julio, 2016

APELLIDOS: Toro Mejía

NOMBRE: Camilo Andrés

TITULACIÓN: Grado en Sistemas Electrónicos

PLAN:

DIRECTOR: Joan Vicent Castell Balaguer

DEPARTAMENTO: TSC- Departament de Teoria de Senyal i Comunicacions

CALIFICACIÓN DEL TFG

TRIBUNAL

PRESIDENTE
Daniel Guasch Murillo

SECRETARIO
Rafael Morillas Varón

VOCAL
Marta Díaz Boladeras

FECHA DE LECTURA: 13/7/2016

Este proyecto tiene en cuenta aspectos medioambientales: x Sí No

RESUMEN

El presente trabajo, trata en tres capítulos, el diseño de una red de fibra óptica, para ofrecer un servicio tiple play (VoIP, internet e IPTV), en una zona del barrio Campestre en la ciudad de Bucaramanga, Colombia, debido a la necesidad de proporcionar un mayor ancho de banda a los usuarios, ya que estos no cuentan con internet de banda ancha, ni con servicios triple play.

Para la realización del proyecto, primero se ha realizado un estudio de mercado basado en los datos recopilados por el ministerio de tecnologías de la información de Colombia (MINTIC), los datos aportados por este estudio permitirá saber la calidad del servicio que se tiene hoy en día, las tecnologías de acceso utilizadas (xDSL, fibra óptica etc.), la tendencia que siguen los consumidores de internet, el nivel de penetración de internet en la zona y su nivel económico, estos dos últimos, datos de suma importancia, ya que tienen una incidencia directa a la hora de decidir la zona donde ubicar la red.

Después en el segundo capítulo, se abordará la parte teórica y de diseño de la red, se explicará de forma breve el comienzo de la fibra óptica. Seguidamente se expondrán la diferentes tecnologías PON, como son las arquitecturas APON, BPON, EPON y GPON para después entrar en detall en esta última, ya que será la utilizada en el diseño final de la red, explicando con más detalle los elementos que la forman, que protocolos rigen su comportamiento y que recomendaciones del ITU-T sigue, para finalizar el capítulo con el diseño de la propia red, en el que se hacen los cálculos de las atenuaciones, la distribución de los elementos que componen la red (OLT, CTOs, Ces, ONTs, etc.) y la elección de dichos elementos.

Finalmente el capítulo tres, tratara la parte económica del proyecto realizado, en este capítulo se analizara de una forma breve y sencilla la viabilidad del proyecto, mediante dos herramientas financieras clave, a la hora de analizar inversiones, estas son, el VAN y TIR, estas dos herramientas nos indicaran la viabilidad y la rentabilidad económica de nuestro diseño, basándose en unas estimaciones de ingresos provenientes de los clientes, gastos de mantenimiento y gastos tributarios a lo largo de 4 años.

Llegaremos a la conclusión de que adoptar esta solución es una buena idea ya que mejora notablemente los servicios ofrecidos a los clientes, es una tecnología duradera, ninguna otra solución la supera y que pese a tener un coste inicial elevado resultará una inversión rentable a lo largo del tiempo.

Paraules clau (màxim 10):

CTO	CE	APON	BPON
OLT	ONT	EPON	GPON
VAN	TIR		

Índice

Necesidad y justificación del proyecto	8
Capítulo 1. Introducción	9
1.1 Características de FTTH	9
1.2 Aplicaciones para redes FTTH	10
1.3 Topologías de una red FTTH	14
1.4 Arquitecturas de redes FTTH	17
1.5 Ventajas y desventajas de FTTH	18
Capítulo 2. Marco teórico	21
2.1 Breve historia de la fibra óptica	21
2.2 Tecnologías PON	22
2.2.1 Arquitectura APON/BPON	22
2.2.2 Arquitectura EPON	23
2.2.3 Arquitectura GPON	25
2.3 Comparación entre las arquitecturas xPON	28
2.4 Ventajas e inconvenientes de las redes PON	29
2.4.1 Ventajas de las redes pasivas	29
2.4.2 Desventajas de las redes pasivas	30
2.5 Tecnología GPON	30
2.5.1 Descripción del estándar GPON	31
2.5.2 Recomendaciones del ITU 984x	31
2.5.2.1 Recomendación UTI 984.1	31
2.5.2.2 Recomendación UTI 984.2	32
2.5.2.3 Recomendación UTI 984.3	32
2.5.2.4 Recomendación UTI 984.4	32
2.5.3 Protocolos involucrados en GPON	32
2.5.4 Canales downstream y upstream	38
2.5.4.1 Canal Downstream	38
2.5.4.2 Canal Upstream	40
2.5.5 Elementos componentes de la red GPON	46
2.5.5.1 OLT (Optical line terminal)	46
2.5.5.2 Fibra óptica	48
2.5.5.3 Amplificadores Ópticos	52
2.5.5.4 Splitter o Divisor Óptico Pasivo	54
2.5.5.5 Conectores y Uniones	55
2.5.5.6 ONT (Optical Network Terminal)	57
Capítulo 3. Estudio de mercado	58
Capítulo 4. Diseño de la red FTTH	67
4.1 Diseño de la red	67
4.1.1 Tipo de red que se empleara en el diseño	67
4.1.2 Topología de la red	68
4.1.2.1 Topología de Árbol	68
4.1.2.2 Ancho de banda	68
4.1.2.3 Longitud de onda	68
4.2 DISEÑO DISTRIBUTIVO DE LA RED	69
4.2.1 criterios de creación de la red	69
4.2.2 diseño distributivo de la red	70
4.2.3 Diagrama de elementos constructivos	73
4.3.1 Cálculos para el enlace	74
4.3.1.1 Ventanas de transmisión para la fibra óptica	74
4.3.1.2 Atenuación	75

4.3.1.3 Coeficiente de atenuación.	75
4.3.1.4 Cálculo de atenuación para el mejor y peor Caso del enlace.	75
4.4 Equipos que forman la red	77
4.4.1 equipos en la Oficina Central.	77
4.4.2 Equipos en la OND.....	79
4.4.3 Equipos terminales	82
Capítulo 5. Estudio Económico	83
5.1 Análisis del coste de capital.....	83
5.1.1 fabricantes proveedores de equipos.	83
5.2 Equipos	83
5.3 Análisis de costes de equipos.	84
5.3.1 Equipos en Oficina Centra	84
5.3.2 Equipos en la ODN.....	84
5.3.3 Equipos terminales	85
5.4 Análisis de costes de mano de obra.	85
5.5 Coste total de la implantación de la Red.....	86
5.6 Análisis financiero	86
5.6.1 Ingresos	86
5.6.2 VAN (Valor actual Neto) y TIR (tasa interna de retorno)	87
Conclusiones.....	90
AGRADECIMIENTOS	91
BIBLIOGRAFIA	92
ANNEXO	93

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIFERENCIA FIBRA COBRE. FUENTE: PROPIA	10
FIGURA 2. EMPRESA PROVEEDORA DE CONTENIDO. FUENTE: GOOGLE	11
FIGURA 3. TELEMEDICINA. FUENTE: GOOGLE	12
FIGURA 4. CLOUD COMPUTING. FUENTE: GOOGLE	13
FIGURA 5. INTERNET OF THINGS. FUENTE: GOOLGE.....	14
FIGURA 6. RED FTTH. FUENTE: GOOGLE.....	14
FIGURA 7. TOPOLOGÍA DE ESTRELLA. FUENTE: GOOGLE	15
FIGURA 8. TOPOLOGÍA BUS. FUENTE: GOOGLE	15
FIGURA 9. TOPOLOGÍA EN ANILLO. FUENTE: GOOGLE.....	16
FIGURA 10. TECNOLOGÍAS EN LA PRIMERA MILLA.	18
FIGURA 11. DIFERENCIA ENTRE FIBRA Y COBRE. FUENTE: GOOGLE	19
FIGURA 12 ARQUITECTURA EPON. FUENTE: GOOGLE	23
FIGURA 13. ESTRUCTURA DE LA TRAMA ETHERNET. FUENTE: GOOGLE.....	24
FIGURA 14. ESTRUCTURA DE LA TRAMA GEM. FUENTE: GOOGLE	25
FIGURA 15. DIFRENCIA ENTRE ARQUITECTURAS PON. FUENTE: GOOGLE	28
FIGURA 16. ESTRUCTURA DE UN WDM. FUENTE: GOOGLE	34
FIGURA 17. FUNCIONAMIENTO DWDM. FUENTE: GOOGLE	35
FIGURA 18. FUNCIONAMIENTO CWDM. FUENTE: GOOGLE.....	35
FIGURA 19. SUBBYTES. FUENTE: WIKIPEDIA	36
FIGURA 20. SHIFTRAWS. FUENTE: WIKIPEDIA.....	37
FIGURA 21. MIXCOLUMNS. FUENTE: WIKIPEDIA	37
FIGURA 22. ADDROUNDKEY. FUENTE: WIKIPEDIA	37
FIGURA 23. CANAL DOWNSTREAM DE GPON. FUENTE: TELNET.....	38
FIGURA 24. TASA DE BYTES POR TRAMA. FUENTE: TELNET	39
FIGURA 25. TAMAÑO DE TRAMAS SEGUN TECNOLOGÍA. FUENTE: TELNET	39
FIGURA 26. ESTRUCTURA TRAMA GTC. FUENTE: TELNET	39
FIGURA 27. ESTRUCTURA CABECERA TRAMA GTC. FUENTE: TELNET	40
FIGURA 28. CANAL UPSTREAM. FUENTE: TELNET	41
FIGURA 29. PROTOCOLO OMCI EN LA ONT. FUENTE: TELNET	41
FIGURA 30. FUENCIONAMIENTO DE OMCI. FUENTE: TELNET.....	42
FIGURA 31. FUNCIONAMIENTO BWMAP. FUENTE: TELNET.....	43
FIGURA 32. FUNCIONAMIENTO ALLOC-IN. FUENTE: TELNET	43
FIGURA 33. PROCESO DE ACTIVACIÓN DE LA ONT. FUENTE: TELNET	44
FIGURA 34. ECUALIZACIÓN DE LA ONT. FUENTE: TELNET	45
FIGURA 35. ELEMENTOS QUE FORMAN UNA RED GPON. FUENTE: GOOLGE	46
FIGURA 36. PARTES DE UNA OLT. FUENTE: GOOLGE	47
FIGURA 37. PARTES DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA. FUENTE: GOOLGE	48
FIGURA 38. LUZ DENTRO DE LA FIBRA MONO MODO. FUENTE: GOOLGE	49
FIGURA 39. ESTRUCTURA FIBRA MONO MODO. FUENTE: GOOLGE	49
FIGURA 40. ESTRUCTURA CABLE MULTI MODO. FUENTE: GOOLGE	50
FIGURA 41. LUZ DENTRO DE LA FIBRA MULTI MODO. FUENTE: GOOLGE.....	50
FIGURA 42. TIPO DE CABLE SEGÚN SU ESTRUCTURA. FUENTE: GOOLGE	50
FIGURA 43. APERTURA NUMÉRICA. FUENTE: GOOLGE.....	51
FIGURA 44. VENTANAS DE TRANSMISIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA. FUENTE: GOOLGE.....	52
FIGURA 45. AMPLIFICADOR ÓPTICO DE ERBIDIUM. FUENTE: GOOLGE	53
FIGURA 46. SPLITTER ÓPTICO. FUENTE: GOOLGE	54
FIGURA 47. PERDIDAS DE INSERCIÓN SEGÚN RELACIÓN DE SPLIT. FUENTE: GOOLGE.....	54
FIGURA 48. TIPOS DE CONECTORES. FUENTE: GOOLGE.....	55
FIGURA 49. EMPALME MECÁNICO. FUENTE: GOOLGE.....	56
FIGURA 50. EMPALME POR FUSION. FUENTE: GOOLGE	56
FIGURA 51. SUBSCRITORES POR TRIMESTRE. FUENTE: MINTIC.....	58
FIGURA 52. PENETRACIÓN DE INTERNET.FUENTE: MINTIC.....	58
FIGURA 53. PENETRACIÓN DE INTERNET EN EL PAÍS. FUENTE: MINTIC.....	59
FIGURA 54. TIPO DE ACCESO A INTERNET.FUENTE: MINTIC	60
FIGURA 55. INCREMENTO DE ACCESO A INTERNET POR TECNOLOGÍA. FUENTE: MINTIC.....	61

FIGURA 56. TIPOS DE SUSCRIPTORES. FUENTE: MINTIC	61
FIGURA 57. PODER ADQUISITIVO DE LOS SUSCRIPTORES. FUENTE: MINTIC	62
FIGURA 58. RANKING DE PENETRACIÓN DE INTERNET. FUENTE: MINTIC	62
FIGURA 59. RANKING DE PENETRACIÓN DE INTERNET. FUENTE: MINTIC	63
FIGURA 60. BUCARAMANGA SEGUN PODER ECONOMICO(ESTRATOS). RANKING DE PENETRACIÓN DE INTERNET. FUENTE: MINTIC	65
FIGURA 61. DISTRIBUCIÓN DEMOGRÁFICA DE BUCARAMANGA. RANKING DE PENETRACIÓN DE INTERNET.	66
FIGURA 62. RED FTTH. FUENTE: GOOGLE.....	67
FIGURA 63. VENTANAS DE TRASMISIÓN. FUENTE: GOOGLE	68
FIGURA 64. PLANO DE DISTRIBUCIÓN. FUENTE: PROPIA	70
FIGURA 65. PLANO DISTRIBUTIVO DE LA RED. FUENTE: PROPIA	71
FIGURA 66. VENTANAS DE TRANSMISIÓN UTILIZADAS. FUENTE: PROPIA	74
FIGURA 67. VENTANAS DE TRANSMISIÓN. FUENTE: GOOGLE	74
FIGURA 68. HUAWEI SMARTAX MA5600T. FUENTE: GOOGLE.....	77
FIGURA 69. COMBIMODULE DE R&M. FUENTE: GOOLGE.....	78
FIGURA 70. RACKMATIC. FUENTE: GOOLGE.....	78
FIGURA 71. SPLITTER SPL9101. FUENTE: GOOLGE.	79
FIGURA 72. CABLE PKP-32. FUENTE: CABLECOM	80
FIGURA 73. CARACTERÍSTICAS PKP-32. FUENTE: PROPIA.....	80
FIGURA 74. CARACTERÍSTICAS PKP-32. FUENTE: PROPIA.....	80
FIGURA 75. BOBINA DE FIBRA OPTICA	81
FIGURA 76. CAJA DE EMPALME FOSC-350C. FUENTE: GOOLGE.....	81
FIGURA 77. CTO-OMNIRACH. FUENTE: GOOGLE.....	81
FIGURA 78. ROSETA ÓPTICA. FUENTE: GOOGLE	82
FIGURA 79. ONT HG8240. FUENTE: GOOLGE	82
FIGURA 80. EQUIPOS DE CENTRAL. FUENTE: PROPIA	84
FIGURA 81. EQUIPOS EN LA ODN. FUENTE: PROPIA	84
FIGURA 82. EQUIPOS TREMINALES. FUENTE: PROPIA.....	85
FIGURA 83. COSTE TOTAL DE LOS EQUIPOS. FUENTE: PROPIA	85
FIGURA 84. COSTES DE MANO DE OBRA. FUENTE: PROPIA	85
FIGURA 85. COSTE TOTAL LA RED. FUENTE: PROPIA.....	86
FIGURA 86. INGRESOS ESTIMADOS. FUENTE: PROPIA	86
FIGURA 87. FLUJO DE CAJA AÑO 1. FUENTE: PROPIA	87
FIGURA 88. FLUJO DE CAJA AÑO 2. FUENTE: PROPIA	88
FIGURA 89. FLUJO DE CAJA AÑO 3. FUENTE: PROPIA	88
FIGURA 90. FLUJO DE CAJA AÑO 4. FUENTE: PROPIA	89
FIGURA 91. FORMULA DEL TIR	89

Necesidad y justificación del proyecto

Este proyecto sale de la necesidad de sustituir la red actual de cobre, que se encuentra presente en la zona, por una red de fibra óptica y de esta forma incrementar la capacidad de transporte de información a través de la red. Se ha optado por una red de fibra óptica debido a que la red actual de cobre no puede soportar los servicios ofertados por las compañías y que el usuario podía solicitar, aparte de esto también debido al creciente ancho de banda gracias a la oferta de televisión y nuevos servicios. La red FTTH (Fiber To The Home) se basa en la utilización de fibra óptica desde la central telefónica hasta el domicilio del usuario.

El objetivo de este proyecto es obtener un estudio de la implantación de una red de fibra óptica de forma que la inversión realizada sea la adecuada para proporcionar a los usuarios un servicio triple play y produzca una rentabilidad de la misma. Para ello se realizara un análisis de los elementos a utilizar en la red, minimizando costes, un estudio de mercado del país y de la zona donde se quiere implantar la red y finalmente un análisis de la inversión económica para saber los beneficios que dicha inversión proporcionará y saber si el proyecto es viable.

Capítulo 1. Introducción

1.1 Características de FTTH

En base a la inmensa capacidad de la fibra – ya la base del sistema de Telecomunicaciones del mundo y de Colombia – ahora FTTH se está lanzando alrededor del país y alrededor del mundo. Al ser un sistema relativamente nuevo, este tipo de redes requieren de una inversión inicial elevada, por tanto los diseñadores deben buscar formas para garantizar a futuro, el uso de la inversión en la infraestructura evitando una congestión del servicio con el aumento de la demanda. FTTH es capaz de utilizar sistemas PON (passive optical network) de siguiente generación lo cual haría que el ancho de banda fuera casi ilimitado. Con la utilización de los sistemas PON disponibles se podrían obtener redes con las siguientes características:

- Alta velocidad (<1Gbps).
- Alto ancho de banda por usuario (>100Mbps).
- Tasa alta de división (>64).
- Largo alcance (>20Km).
- Acceso a una sola fibra, transmisión bidireccional y tasa de datos simétricos.
- Red Pasiva.
- Asignación dinámica de recursos.
- Alta capacidad de actualización.
- Manejo del sistema centralizado.

Características	Fibra óptica	Cable de cobre
Tipo de transmisión	Luz guiada	Electricidad
Inmune al ruido electromagnético	Si	No
Buena para largas distancias	Si	No
Segura frente a intrusos y espías	Si	No
Se comparte con el resto de vecinos	Si	No
Resistente y robusta al manipulado	No	Si
Velocidades máximas teóricas	Aun por determinar pero ya han llegado a 40 Tbps	10 Gbps de bajada/ 1 Gbps de subida

Figura 1. Diferencia fibra cobre. Fuente: propia

Las alternativas inalámbricas tales como Wi-Fi y WiMAX no pueden proporcionar HDTV, y de hecho tienen problemas para proporcionar la definición estándar de televisión. Las variaciones de DSL, y hasta los últimos enlaces de cable y satélite, pueden proporcionar HDTV sólo con dificultad, poca fiabilidad y altos costes de operación. Esto se debe a que una señal de televisión de definición estándar requiere un ancho de banda de aproximadamente 2 Mbps. HDTV requiere tan poco como 4 Mbps si la imagen es estable (la entrevista de una persona). Pero rápida acción, como son algunos eventos deportivos, requiere más, tanto como 8 Mbps. HDTV 3D inmersivo (como de realidad virtual) una tecnología que ya se usa en algunos ambientes académicos e industriales requerirá de 100 a 300 Mbps cuando se venda ampliamente a consumidores individuales, de aquí unos pocos años.

1.2 Aplicaciones para redes FTTH

Desde un punto de vista global, una red de fibra óptica más que un lujo se convierte hoy en día en una necesidad. Actualmente el backbone o red troncal de empresas de telecomunicaciones está subutilizado, dado el cuello de botella antes mencionado. Actualmente la forma en la que vemos la televisión está cambiando, ya no vemos la televisión a través del televisor, sino que lo hacemos a través de internet. Puede sonar extraño, pero es así, ahora ya no miramos las películas por la TV, ni las series, y cada vez más, los partidos de fútbol, también los miramos a través de la conexión de internet. En otras palabras, los hábitos de consumo de la sociedad están cambiando y esto refleja en que la tasa de demanda de los usuarios está llegando al orden de gigabits, tanto en el campo de datos como en la parte de televisión ya que el ancho de banda que consumen las aplicaciones que proveen de estos servicios a los consumidores y también el ancho de banda que requieren los consumidores para poder disfrutar de estos servicios con la máxima calidad

que sea posible, es decir, imagen y sonido en alta definición, sin cortes debido a la baja velocidad de la conexión y a un menor coste, es cada vez mayor. Dado el cuello de botella que se forma en la última milla de las redes convencionales, actualmente se está dando un control en el ancho de banda y la velocidad por parte de los operadores de ISP en horas pico, produciendo una latencia en el servicio que causa molestia en los usuarios ya que en realidad no se está dando el servicio ofrecido y necesario para las aplicaciones actuales, como es por ejemplo el video streaming.

Una de las empresas proveedoras de video streaming que está teniendo más auge en estos días es NETFLIX. Tanto es así que en América del Norte, un 37% del tráfico de Internet se lo lleva la plataforma Netflix. Evidentemente, es un dato que refleja las horas puntas de acceso a Internet, y que a lo largo del resto del horario se transforma en valores algo más 'normales'. En cualquier caso, esto supone que Netflix está consumiendo más ancho de banda que Amazon, YouTube, Hulu e iTunes juntos. A grandes rasgos, basta con señalar que YouTube obtiene una cifra del 18%, luego menos de la mitad que su competidor Netflix.



Figura 2. Empresa proveedora de contenido.
Fuente: Google

La calidad más baja de NETFLIX provoca, un consumo de 300 MB por hora. Si ascendemos en los niveles de calidad de imagen y sonido de Netflix, el nivel 'mediano' nos lleva a consumir 700 MB por hora, mientras que el formato de alta definición alcanza los 3 GB por hora.

En general una transmisión de televisión convencional (bajo el estándar SDTV) requiere unos 20 Mb/s sin comprimir y unos 4Mb/s utilizando compresión MPEG- 2 por canal, HDTV requiere 120 Mb/s sin comprimir y unos 15 o 19Mb/s con MPEG-2. Dado este requerimiento de ancho de banda para transmitir televisión multicanal HDTV, se podría decir que esta opción esta fuera de alcance para sistemas xDSL, exceptuando a los usuarios que estén extremadamente cerca de la cabecera de la red. Es por esta razón que muchas compañías están optando por sistemas FTTH, ya que cada vez necesitamos tener un ancho de banda mayor para poder disfrutar de servicios como estos, con la máxima calidad.

También hay otros servicios que utilizamos constantemente, como son, las redes sociales, subiendo y descargando fotos y vídeos de estas, el increíble auge de los juegos online, que cada vez más tienen más consumidores y que

necesitan de 10Mbps, como mínimo, para poder jugar de una forma fluida, eso sin contar con las funcionalidades sociales que tienen los juegos, cosa que conlleva que tengamos que subir contenido a internet (fotos y vídeos) y por tanto necesitemos por lo menos un canal de subida de 800Mbps, para estar en igualdad con sus rivales y de esta forma disfrutar plenamente de la experiencia. También cabe destacar que los juegos a medida que pase el tiempo, evolucionaran y serán más pesados, en lo referente al consumo de megas. Aparte de estas aplicaciones, que son las que actualmente están haciendo que el ancho de banda necesario sea cada vez mayor, también abra muchas otras en el futuro que harán que se incremente aún más, aplicaciones o servicios tales como:

La telemedicina, Ideal para realizar exploraciones, revisiones, diagnósticos remotos y cirugía a distancia a través de la tele monitorización (manejo a distancia de equipos quirúrgicos).que utilizara imagen y vídeo en alta definición, eso por lo menos ya son 3Gb por hora.



Figura 3. Telemedicina. Fuente: Google

El vídeo en 4K que son unos 15 Mbps.



Figura 4. Imagen 4K. Fuente: Google

La realidad Virtual, tecnología que crea un ambiente artificial a través de equipos y aplicaciones informáticas para que un usuario perciba sensaciones y situaciones reales en un contexto irreal. Esta tecnología que aún está

empezando hará que consumamos mayor ancho de banda.



Figura 5. Realidad Virtual. Fuente: Google

La VoIP (ya una realidad bastante extendida) que según el tipo de codec que utilice, consumirá un ancho de banda que puede ir desde los 21,9 Kbps hasta los 87,2 Kbps como podemos ver en la siguiente tabla.

Cloud computing, tecnología que cada vez está más presente en nuestra realidad, pero a la que aún le queda mucho camino por recorrer y que ofrece grandes ventajas, ya que toda la información, procesos, datos, etc. se localizan dentro de la red de internet, como en una nube, así todo el mundo puede acceder a la información completa, sin poseer una gran infraestructura.

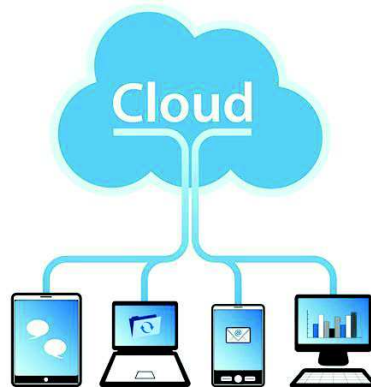


Figura 4. Cloud computing. Fuente: Google

Internet of things, es un concepto que se basa en la interconexión de cualquier producto con cualquier otro de su alrededor. Desde un libro hasta el frigorífico de tu propia casa. El objetivo es hacer que todos estos dispositivos se comuniquen entre sí y, por consiguiente, sean más inteligentes e independientes. Algunas más, serán las aplicaciones y servicios que en el futuro harán que necesitemos acceso a un mayor ancho de banda. Ya que si por sí solas, no sería necesario un aumento de la capacidad de transmisión de las redes mundiales, pero en un mundo en el que todos estos servicios estarán funcionando a la vez en los hogares, en las empresas y en los gobiernos, queda claro que la capacidad necesaria será enorme, comparada con lo que actualmente puede suministrar las redes tradicionales de cobre, por eso será

coste y a su gran eficiencia. Esta es atractiva debido a la facilidad con la que se puede modificar la red. Es decir, si aumenta el número de usuarios la red en estrella puede dividirse en varias subredes, lo cual hace de esta, una arquitectura muy flexible.

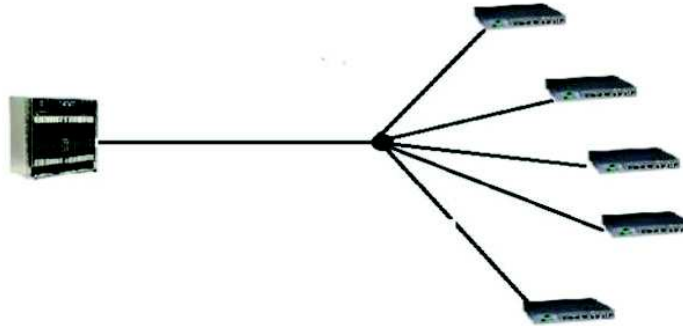


Figura 7. Topología de estrella. Fuente: Google

- En la topología tipo Bus, el nodo central está conectado a otros nodos mediante un enlace común, que comparten todos los nodos (ONTs) de la red. Esta red posee dos direcciones: una de izquierda hacia la derecha, donde los nodos insertan tráfico, y otra de derecha hacia la izquierda, donde los nodos solo tienen dos funciones: leer o leer y eliminar el tráfico. Evidentemente, el gran inconveniente de estos sistemas es la fiabilidad de la transmisión. La ruptura del enlace de fibra en un punto determinado del circuito deja sin comunicación a todos los usuarios situados en el tramo posterior a la rotura del cable.



Figura 8. Topología bus. Fuente: Google

- La arquitectura del tipo anillo consiste en un enlace común para todos los nodos en forma del anillo, tal y como se puede observar en la Figura 6. Las topologías en anillo son atractivas por su robustez y son la base de muchas arquitecturas LAN y MAN para conseguir una comunicación fiable. Los anillos son capaces de recuperar la comunicación después de un fallo utilizando dos técnicas de protección: la protección de ruta y el enlace/nodo de recuperación. La primera consiste en reenviar el tráfico desde el OLT en el sentido contrario al sentido anterior. La segunda técnica es similar, pero en este caso el tráfico se redirecciona en el nodo/enlace donde se ha producido la rotura. Para asegurar una transmisión basada en fibra óptica el tráfico puede ser cursado por distintos cables de fibra, por si se rompe el

cable que estaba siendo utilizado. También existe una técnica de recuperación algo más sofisticada que la anterior, y es la basada en WDM. Esta consiste en enviar la información por varios cables a distintas longitudes de onda.

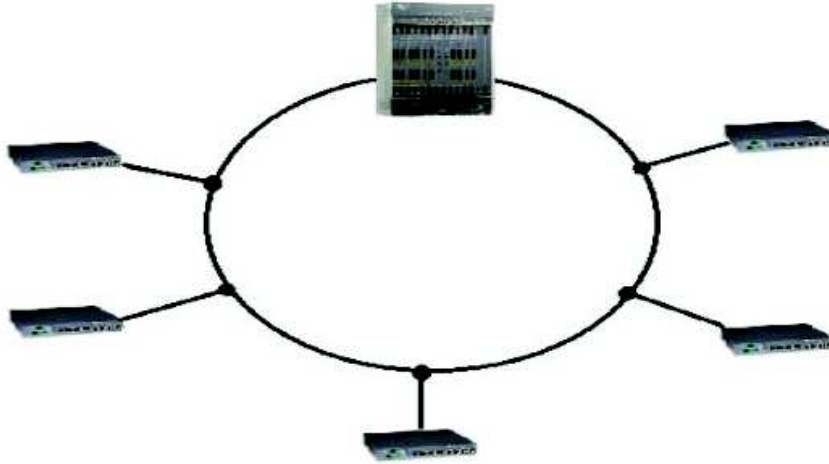


Figura 9. Topología en anillo. Fuente: Google

Las redes punto a punto o redes activas, basadas en el Standard IEEE 802.ah, se caracterizan porque la información se procesa y se envía por sus respectivos puertos de salida, donde el último enlace es un enlace punto a punto, es decir, por medio de una fibra dedicada exclusivamente a ese cliente, utilizando para ello dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas sobre cada fibra óptica, esta es la principal ventaja de los sistemas activos, ya que es posible utilizar dispositivos electro-ópticos con un coste bajo en las ONTs porque estas, solo reciben información que va dirigida a ellas y no tienen que tratar con el todo el ancho de banda, cosa que encarece los dispositivos. Este tipo de sistemas también ofrecen una mayor calidad de servicio, en cuanto a ancho de banda y seguridad, pero son tienen un elevado coste de implementación y mantenimiento a medida que hay más usuarios.

1.4 Arquitecturas de redes FTTH

Dentro de las redes de fibra óptica, existen 4 tipos de configuraciones:

- **Fibra-al-Edificio (FTTB):** La trayectoria de comunicaciones de fibra óptica se extiende desde el equipo de conmutación del operador hasta por lo menos los límites de la propiedad privada en donde se encuentran las casas o los negocios. En esta arquitectura, la fibra óptica terminará antes de llegar al área de la casa o el espacio de las oficinas del negocio. Entonces, la trayectoria de acceso continuará por medio de otro medio de acceso, como cable de cobre.
- **Fibra-al -Nodo o Fibra-al-Vecindario (FTTN):** Se refiere a un sistema en el cual la fibra se extiende a un punto cerca del usuario promedio. De ahí, el cable de cobre o la conexión inalámbrica le sirve al usuario. Típicamente, el servicio se proporciona por medio de una variante de línea digital del suscriptor. No se debe confundir a FTTN con fibra Híbrida Coaxial (HFC), la cual la utilizan principalmente las empresas de cable para implementar DOCSIS, el estándar que permite que la información se transmita por los sistemas de cable de televisión. Cada nodo de DOCSIS pasa por entre 100 a 500 casas y típicamente recibe el servicio de fibra con cable coaxial extendido a los usuarios.
- **Fibra-a-la-Acera (FTTC):** Justo como FTTN, con la excepción de que la fibra llega mucho más cerca del usuario. Además de DSL, las instalaciones de FTTC pueden usar Ethernet (por medio de cable de cobre o conexión inalámbrica) para traer la señal de donde termina la fibra hasta el punto donde se encuentra el usuario.
- **Fibra-a-la-Casa (FTTH):** La trayectoria de la fibra óptica se extiende desde el equipo de conmutación del operador hasta por lo menos los límites de la casa o de las oficinas del negocio. La definición excluye las arquitecturas donde termina la fibra óptica antes de llegar, ya sea a la casa o al espacio de las oficinas del negocio, y a donde la trayectoria de acceso continúa por un medio físico que no es fibra óptica.

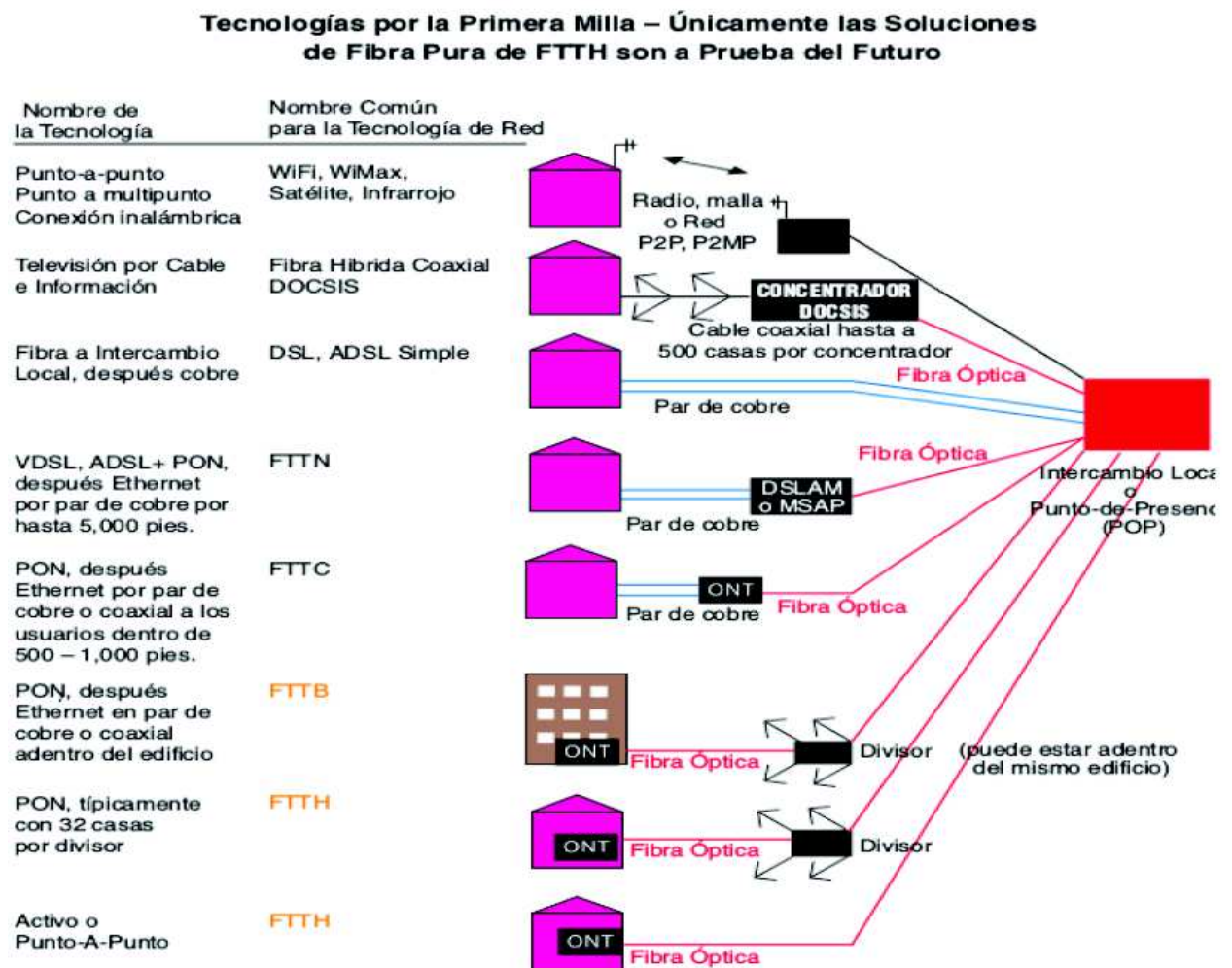


Figura 10. Tecnologías en la primera milla.

1.5 Ventajas y desventajas de FTTH

Reemplazar todas las redes de cobre por fibra óptica, no es una tarea fácil, cuando se ha invertido una gran suma de dinero en un material como el cobre que ha sido eficaz por mucho tiempo al momento de brindar sistemas de comunicación. Diseñar redes híbridas con fibra óptica combinadas con pares trenzados de cobre o cable coaxial para muchos sería lo más lógico ya que se aprovecharía en parte la red existente de cobre, sin embargo y a pesar de que sistemas actuales ADSL o HFC son capaces de transportar decenas de Mbps, estas son tecnologías que al ser híbridas crean, como ya se ha mencionado anteriormente, un cuello de botella y la red de cobre instalada limita la distancia a la que puede llegar la señal, además de ser necesarios equipos adicionales en planta externa.

En tiempos anteriores al uso de la fibra óptica, las redes de comunicación utilizaban redes de cobre y enlaces microondas, las compañías de cable obtenían su señal de enlaces satelitales o microondas para gestionar los datos recibidos y redistribuirlos en su red hasta los abonados. Los primeros pasos en introducir la fibra óptica en redes de distribución de telecomunicaciones consistieron en hacer sistemas híbridos con cable coaxial (HFC), sistema que ha sido ampliamente desplegado por las compañías de cable, pero que ventajas posee FTTH respecto a otras redes de fibra óptica?

En la actualidad, el sistema HFC es aun la solución de banda ancha más usada por los operadores, mientras que líneas asimétricas (ADSL) dominan las redes de telecomunicaciones. Sin embargo, todas estas redes tienen limitaciones en cuanto a los servicios que pueden ofrecer, en su ancho de banda y en la distancia que a la que tienen que estar sus usuarios desde el nodo. Por esta razón, los sistemas DSL han sido competitivamente exitosos pero mayormente cuando se usa para distancias relativamente cortas y tasas de bit bajas en comparación con las capacidades de transporte que puede brindar la fibra óptica. Las líneas de suscripción digital (DSL), han pasado por numerosas generaciones que utilizan un procesamiento de las señales cada vez más complejas para exprimir las tasas de bits y alcanzar distancias considerables con la red tradicional de cobre instalada. Sin embargo, las distancias que se puede alcanzar con DSL son bastantes modestas, considerando las demandas emergentes, como por ejemplo HDTV.

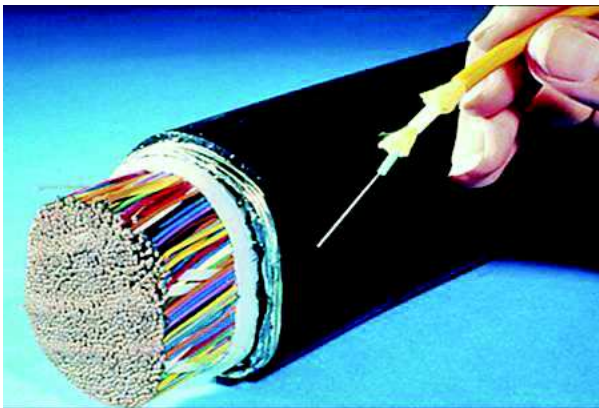


Figura 11. Diferencia entre fibra y cobre. Fuente: Google

Todas estas limitaciones se resuelven al emplear redes FTTH asegurando un sistema lo suficientemente robusto como para soportar cualquier demanda en el futuro. Utilizando una red óptica pasiva se asegura la disminución de costos en equipos de regeneración de señal y que no se requiera sofisticados sistemas de procesamiento de la señal. Se considera que una red de este tipo podría ser funcional por un periodo considerable de tiempo y no será necesaria ninguna reingeniería en el sistema durante décadas.

Una gran ventaja de la fibra óptica y sobre todo en el empleo de ésta en redes de última milla, es el espacio disponible y escalable para crecer en ancho de banda y la libertad de permitir “crosstalk” en la red. Está claro que la baja atenuación de la fibra óptica se traduce en transmisores de baja potencia y receptores relativamente insensibles, pero lo que realmente importa es que estas características derivan en reglas de diseño más permisibles para la instalación de la red.

Otras ventajas que posee la fibra óptica, aparte del increíble ancho de banda que puede soportar, serian, principalmente: Una de ellas, sería que el cable de fibra es delgado. De hecho, puede hacerse más delgado que un cabello humano. Puede llevarse en una cinta delgada, o adentro de un “microconducto” de plástico hueco tan sólo de una octava parte de una pulgada de ancho.

Una configuración típica de cable de fibra con aproximadamente 200 hebras súper delgadas tiene aproximadamente el grosor de un cable coaxial estándar. El cable de fibra podría, teóricamente, conducir suficiente ancho de banda para procesar toda la información que se envía sobre la Tierra en un momento dado del día. Lo más importante es que la fibra puede “escondese” fácilmente en la superficie de las paredes de los edificios ya construidos.

Otra ventaja, y no menos importante que la anterior es que una vez instalada, la fibra se mejora cambiando los dispositivos electrónicos que crean los pulsos de luz y no reemplazando el cable en sí. La fibra es increíblemente fiable. Nada la daña, con excepción de un corte físico. Las redes ópticas pasivas, son la clase más común de redes. Utilizan un mínimo de dispositivos electrónicos. De hecho, no hay ningún electrónico entre la oficina central del proveedor y los usuarios. Esto mejora la fiabilidad de la red y disminuye los costos de implementación. Pero las redes ópticas que requieren electrónicos en el campo, también cuentan con algunas ventajas, especialmente cuando una red se construye para conducir contenido de múltiples proveedores en la misma fibra. De cualquier manera, la cantidad de electricidad necesaria para que funcione una red de fibra es mucho menor que la que se necesita para una red de cable coaxial o una de cobre.

Aparte de estas ventajas expuestas anteriormente, la fibra óptica también tiene cualidades muy positivas en lo referente a la sostenibilidad. La fibra impacta positivamente en el ambiente. Un estudio de PricewaterhouseCoopers, comisionado por el Consejo de FTTH de Europa y publicado en febrero del 2008, confirmó que las emisiones de dióxido de carbono producidas en la construcción e implementación de una red de FTTH se compensan con los ahorros de carbón de tan sólo dos posibles aplicaciones – trabajar en casa y telemedicina – en menos de 14 años. Eso resulta en un dividendo de reducción anual de carbón aproximadamente de un 7 por ciento. Otros impactos ambientales de la implementación se recuperan en cuestión de 7 a 12 años. Los primeros estudios han ofrecido dar ahorros más pequeños, pero casi todos los estudios muestran un impacto positivo. Tales ahorros como sería, la gasolina para el coche, para las personas que podrán trabajar desde casa y que no deberán acudir al médico. Y es más, los ahorros aumentarán conforme se expanden los usos de la red de fibra óptica.

Capítulo 2. Marco teórico

2.1 Breve historia de la fibra óptica

Las ondas de luz son una forma de energía electromagnética, la idea de transmitir información utilizando la luz como portadora, tiene más de un siglo de antigüedad.

En 1870, John Tyndall demostró que la luz sigue la curvatura de un flujo de agua vertiéndose en un contenedor. Este principio tan simple, se convirtió en motivo de estudio y desarrollo de aplicaciones basados en este fenómeno. John Logie Baird patentó un método de transmitir luz a través de una barra de vidrio para ser utilizada en una televisión en color, pero la tecnología de la época hizo que fuera inviable.

En 1880, Alexander G. Bell construyó el fonógrafo que enviaba mensajes vocales a corta distancia a través de la luz, sin embargo, resultaba inviable por la falta de fuentes de luz adecuadas.

Muchos años después, en 1950 se empezó a utilizar la fibra óptica en instrumentos médicos para la transmisión de imágenes.

Con la invención y construcción del láser en la década de los 60 volvió a tomar peso la idea de usar la luz como medio de soporte de comunicaciones fiables y de alto potencial de información, debido a su elevada frecuencia portadora de 10^{14} Hz. Por entonces, empezaron los estudios básicos sobre modulación y detección óptica. Los primeros experimentos sobre transmisión atmosférica pusieron de manifiesto diversos obstáculos como la escasa fiabilidad debida a precipitaciones, contaminación o turbulencias atmosféricas.

El empleo de fibras de vidrio no tardó en resultar atractivo: tamaño, peso, facilidad de manejo, flexibilidad y coste. En concreto, las fibras de vidrio permitían guiar la luz mediante múltiples reflexiones internas de los rayos luminosos, sin embargo, en un principio presentaban elevadas atenuaciones.

En 1966 se produce un gran hallazgo para lo que serán las futuras comunicaciones por fibra óptica, y es que en la publicación por Kao y Hockman de un artículo se señalaba que la atenuación observada hasta entonces en las fibras de vidrio, no se debía a mecanismos intrínsecos sino a impurezas originadas en el proceso de fabricación. A partir de esta fecha empiezan a producirse eventos que darán como resultado final la implantación y utilización cada vez mayor de la Fibra Óptica como alternativa a los cables de cobre.

2.2 Tecnologías PON.

La tecnología PON es una arquitectura ya madura que ha pasado por varias evoluciones con estándares de calidad y operación bien definidos por la ITU y la IEEE en algunos casos. La tecnología se divide básicamente en dos, la basada en ATM y la que se basa en Ethernet. La tecnología más utilizada en la actualidad es la GPON, que es el resultado de la evolución de redes PON que se manejan con ATM. Se debe tener en cuenta los componentes que en toda red PON van a existir. Estos son básicamente 5 elementos:

- La OAN (“Optical Access Network”), Red de Acceso Óptico, es el conjunto de enlaces de acceso.
- La OLT (“Optical Line Termination”), Terminación de Línea Óptica, proporciona la interfaz de red entre la OAN y permite la conexión con una o varias ODN.
- ODN (Optical Distribution Nodes) u ORN (Optical Remote Node): consiste en un nodo que distribuye la señal desde la centralita hasta los hogares. Consta de splitters, tramos de fibras ópticas, empalmes y conectores.
- El Splitter o divisor óptico pasivo, se encarga de dividir la señal óptica y retransmitirla sin que tenga que ser alimentado.
- La ONT (Optical Network Terminal) es la que hace de vínculo entre el usuario y la OAN, conectándose a la ODN.

2.2.1 Arquitectura APON/BPON.

La red APON fue la primera Red óptica pasiva con estándar ITU, es el ITU-T G.983, la letra A proviene de ATM (“Asynchronous Transfer Mode”), La transmisión de datos en el sentido descendente se realiza con una corriente de ráfagas de celdas ATM de 53 bytes cada una, con 3 bytes para la identificación del ONT. A-PON se adecua a distintas arquitecturas de redes de acceso, como, FTTH, FTTB/C. Poseen una tasa binaria de 155,52 Mbps que son repartidos entre todos los usuarios existentes. Para el canal ascendente, en cambio, se utilizan ráfagas de 54 celdas ATM, de las cuales dos son PLOAM (Physical Level Operations And Maintenance) que contienen información de destinos de cada celda y mantenimiento de la red. La principal desventaja reside en la incapacidad de manejar vídeo, pues no tiene asignada una longitud de onda asignada para esto.

BPON surgió como una mejora de la tecnología APON para integrar y obtener acceso a más servicios como Ethernet, distribución de vídeo, VPL, y multiplexación por longitud de onda (WDM) logrando un mayor ancho de banda, entre otras mejoras. Ya que se trata de una mejora de la tecnología APON, también posee sus características, sin embargo, más adelante se modificó para flexibilizarla, admitiendo canales asimétricos de 622Mbps para el canal descendente y 155Mbps para el canal ascendente. Sin embargo, y a pesar de presentar mejoras respecto a las redes APON, tenían un elevado coste de implantación, así como diversas limitaciones técnicas. De esta forma, se ha ido avanzando poco a poco para solventar los problemas que suponía esta tecnología que, a día de hoy, permite de forma asimétrica alcanzar velocidades de hasta 1.2 Gbps de la siguiente forma: 1,244Gbps para el canal

descendente y 622Mbps para el canal ascendente. Algunas de sus características más importantes son:

- Admiten un ratio máximo de 32 divisores por OLT, y cada divisor admite un máximo de 64 salidas a usuarios (ONT). Esto supone un total de 2048 usuarios posibles por cada OLT.
- La máxima longitud de fibra que puede haber entre una OLT y una ONT es de 20 km.
- Se utiliza fibra mono-modo estándar según la norma ITU-T G.652.
- La OLT es capaz de calcular la distancia que hay hasta cada ONT. La OLT envía un paquete a una ONT determinada y mide el retardo de ida y vuelta de dicho paquete. Esto supone una mejora del sistema en cuanto a transmisión, ya que con esto se evitan las colisiones entre los paquetes procedentes de distintas ONT.
- Utiliza protección de red.

2.2.2 Arquitectura EPON.

La arquitectura EPON surge de una nueva especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile o Ethernet en última milla), constituido por la IEEE. La intención de este proyecto era aprovechar las ventajas de la tecnología de fibra óptica de redes PON, y aplicarlas a Ethernet. De esta manera se creó el estándar EPON bajo la norma IEEE 802.3ah, que a día de hoy se encuentra en desarrollo. Este sistema se basa principalmente en el transporte de tráfico Ethernet en vez del transporte por medio de celdas de ATM, que en muchos casos resulta ser muy ineficiente. Funciona con velocidades de Gigabit, por lo cual la velocidad con la que dispone cada usuario final depende del número de ONT que se interconecten a cada OLT.

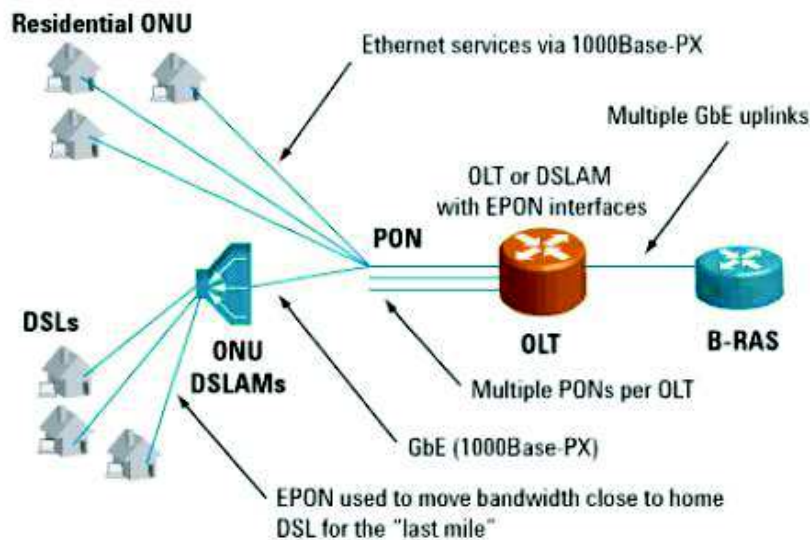


Figura 12 Arquitectura EPON. Fuente: Google

Sus principales ventajas frente a las arquitecturas APON y BPON son:

- Ofrece QoS (Calidad de servicio) en ambos sentidos, tanto descendente como ascendente.
- La interconexión entre las etapas es más simple.
- Facilita en gran medida la llegada con fibra hasta los abonados, ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet.
- La gestión y administración de la red se basa en el protocolo SNMP, lo cual permite reducir la complejidad de los sistemas de gestión de otras tecnologías.

Las características principales de este tipo de arquitectura son:

- La tasa binaria es simétrica: 1.244Gbps tanto para Downstream como para Upstream.
- Admite un ratio máximo de 16 divisores por OLT.
- El tipo de fibra que se utiliza es mono-modo estándar según la norma ITU-T G.652.
- La longitud máxima de la fibra no puede superar los 10 km.
- El estándar define las siguientes configuraciones: Punto a punto, punto a multipunto y punto a multipunto con DSL.
- La trama Ethernet posee una longitud variable y está estructurada tal y como se muestra en la siguiente figura.

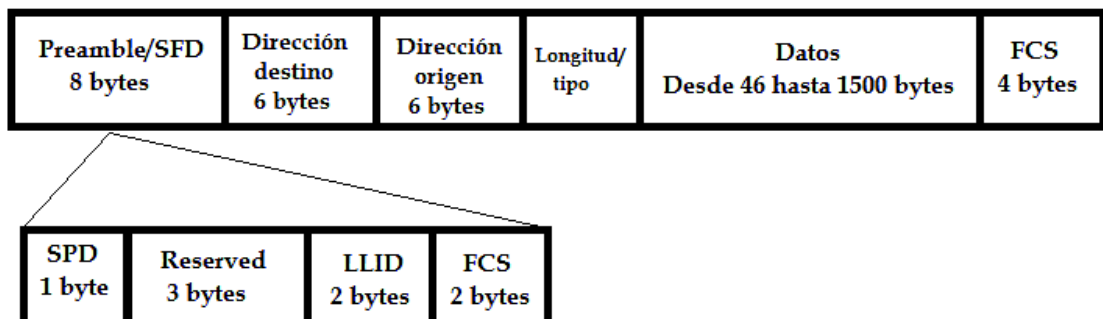


Figura 13. Estructura de la trama Ethernet. Fuente: Google

Esta tecnología surgió como una alternativa para los proveedores de equipos, pues permitió brindar mejores costos y mayores anchos de banda, su desventaja se encuentra en el manejo de nuevos servicios, que se limita al usuario y no al operador.

2.2.3 Arquitectura GPON.

GPON es otra tecnología perteneciente a la arquitectura PON. A día de hoy, se trata del estándar más avanzado sobre el que se sigue aun trabajando. La característica más importante de GPON, es que permite la transmisión de información encapsulada bajo varias tecnologías. Esto es gracias a la introducción de un nuevo método de encapsulamiento, GEM (GPON Encapsulation Method), el cual permite acomodar los servicio de ATM, Ethernet y TDM en la red. Otras características de GPON son:

- Utiliza la fibra mono-modo estándar (ITU-T G.652).
- Las velocidades de transmisión varían desde los 150Mbps hasta los 2Gbps:

Upstream: 155, 622, 1244 ó 2488Mbps

Downstream: 1244 ó 2488Mbps

- La máxima relación de división óptica es de 64.
- La longitud de la fibra está comprendida entre los 10 y los 20 km.
- Se añaden más herramientas de seguridad. Se utiliza cifrado AES para los datos de usuario.
- La trama de GPON, GEM tiene la siguiente estructura:

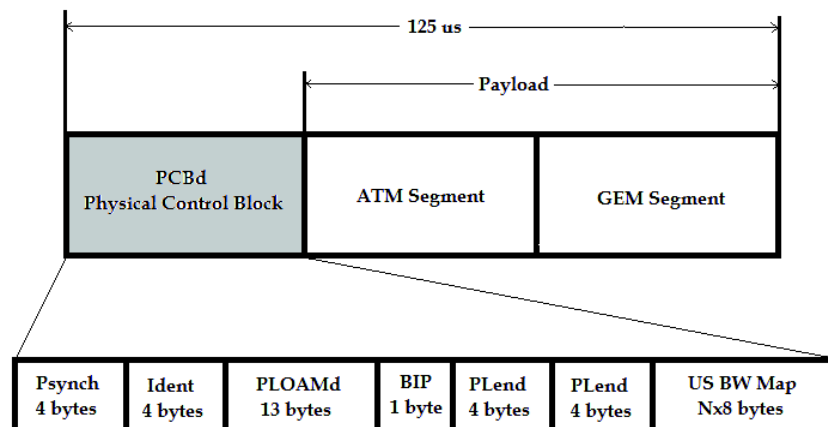


Figura 14. Estructura de la trama GEM. Fuente: Google

La arquitectura GPON también está estandarizada, por la ITU, según los siguientes estándares:

- G.984.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales (3/2008),
- G.984.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos (2003).
- G.984.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión (2004).
- G.984.4: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica (2004).

- G.984.5: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Banda de ampliación (2007).
- G-984.6: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Extensión del alcance (2008).
- G.984.7: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Largo alcance.

La recomendación ITU-T G.984.2 da las velocidades binarias nominales de la señal digital en la sección de requisitos de la capa dependiente del medio físico para sedes GPON, esta recomendación viene dada de la siguiente forma y da como referencia que debe ser múltiplo de 8 KHz:

- 1244,16 Mbit/s – 155,52 Mbit/s
- 1244,16 Mbit/s – 622,08 Mbit/s
- 1244,16 Mbit/s – 1244,16 Mbit/s
- 1244,16 Mbit/s – 155,52 Mbit/s
- 2488,32 Mbit/s – 155,62 Mbit/s
- 2488,32 Mbit/s – 622,08 Mbit/s
- 2488,32 Mbit/s – 1244,16 Mbit/s
- 2488,32 Mbit/s – 2488,32 Mbit/s

Así mismo se puede utilizar una transmisión bidireccional o la técnica de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en una sola fibra o se puede optar por una transmisión unidireccional en dos fibras. Para esto la recomendación da que en sentido descendente el intervalo de longitudes de onda de trabajo en los sistemas de una sola fibra será 1480-1500nm. El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido descendente en los sistemas de dos fibras será de 1260-1360nm.

El estándar ITU-T G.984.2 en su sección 8.2.8.12 define en cuadros los parámetros de la capa dependiente del medio físico y de las interfaces ópticas en sentido ascendente y descendente dando la atenuación permitida entre el OLT y la ONU; en el peor de los casos incluye no solo la atenuación de fibra sino pérdidas en los splitters, conectores, atenuadores ópticos si es que se usan y cualquier otro dispositivo pasivo más un margen de seguridad para cubrir cualquier splitter futuro o si se añadiera más longitud de cable, cambios de atenuación por factores ambientales y posibles pérdidas por degradación en los conectores.

- Clase A: 5 a 20db
- Clase B: 10 a 25db
- Clase C: 15 a 30db

La máxima diferencia de atenuación entre ONUs debe ser de 15db.

El de potencia de lanzamiento para la comunicación con una sola fibra y 1.2Gb/s de bajada en dBm es:

- Clase A: -4 a +1
- Clase B: +1 a +6
- Clase C: +5 a +9

En el mismo caso pero con una velocidad de bajada de 2.4 Gb/s se tiene:

- Clase A: 0 a +4
- Clase B: +5 a +9
- Clase C: +3 a +7

Ahora en el caso que se tenga una velocidad de subida de 1.2 Gb/s:

- Clase A: -3 a +2
- Clase B: -2 a +3
- Clase C: +2 a +7

La sensibilidad mínima del receptor/ sobrecarga mínima del receptor en dB:

1. A 1244 Mb/s:

- Clase A -25/-4
- Clase B -25/-4
- Clase C -26/-4

2. A 2488 Mb/s:

- Clase A -21/-1
- Clase B -21/-1
- Clase C -21/-1

Sensibilidad mínima de subida del receptor/sobrecarga mínima del receptor a 1.2 Gb/s en dBm:

- Clase A -24/-3
- Clase B -28/-7
- Clase C -29/-8

Por otro lado, tenemos una mejora de GPON, la denominada 10Gbps PON o XG-PON. Se trata de una tecnología que puede ofrecer unas velocidades enormes, tal y como indica su nombre, de 10Gbps. Sus características son:

- Establece unas tasas binarias de:
- XG-PON1: Downstream: 10G, Upstream: 2.4G
- XG-PON2: Downstream: 10G, Upstream: 10G
- La relación de división óptica es de 64.
- usa fibra mono-modo estándar (SSMF, G.652)
- La longitud de la fibra entre el OLT y ONT no debe ser superior a los 20km

Esta arquitectura está definida por los siguientes estándares de la ITU:

- G.987: Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Definiciones, abreviaturas y siglas.
- G.987.1: Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales.
- G.987.2: Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificación de capa dependiente del medio físico (Physical media dependant, PMD).
- G.987.3: Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificaciones de la convergencia de transmisión (TC).

Ahora pasamos a explicar con más detalle las tecnologías involucradas en las redes GPON. Nos centraremos más en las de GPON porque es la tecnología más extendida, la que tiene mayor eficiencia y porque será la utilizada en este proyecto.

2.3 Comparación entre las arquitecturas xPON.

Tal y como se ha visto en los puntos anteriores, las redes ópticas pasivas han evolucionado en un tiempo muy corto, introduciendo cambios en sus respectivas tecnologías y a la vez que mejorándolas. No obstante algunas de ellas todavía siguen en fase de desarrollo, con el fin de introducir una mejora tecnológica estable en el campo de las telecomunicaciones. A continuación se muestra una tabla con las principales características de las redes xPON explicadas.

CARACTERÍSTICA	BPON	EPON	GPON
Estándar	ITU-T G.983.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Velocidades de transmisión (Mbps)	Down: 155, 622, 1244 Up: 155, 622	Down: 1244 Up: 1244	Down: 1244, 2488 Up: 155, 622, 1244, 2488
Tipo de fibra	Monomodo estándar (ITU-T G.652)		
Número de fibras por ONT	1 ó 2	1	1 ó 2
Ratio de división óptica	1:32 (Puede aumentar a 1:64)	1:16 (permite 32)	1:128 (en la práctica 1:64)
Máxima longitud de fibra entre OLT y ONT	20 km	10 km	10-20 km
Modo de tráfico	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM
Arquitectura de transmisión	Asimétrica, Simétrica	Simétrica	Asimétrica, Simétrica
OAM	PLOAM	Ethernet OAM	PLOAM
Seguridad	AES	No definida	AES
Eficiencia típica (Depende del servicio)	83% downstream 80% upstream	73% downstream 61% upstream	93% downstream 94% upstream

Figura 15. Diferencia entre Arquitecturas PON. Fuente: Google

2.4 Ventajas e inconvenientes de las redes PON

Ahora que ya hemos visto los aspectos más importantes de las redes PON vamos a ver porque resulta tan ventajoso el uso de este tipo de tecnología frente a otras. A continuación vamos a enumerar los pros y los contras de las redes ópticas pasivas.

2.4.1 Ventajas de las redes pasivas

El hecho de utilizar fibra óptica abre un enorme abanico de posibilidades de despliegue de las redes de telecomunicación, ya que se trata de un medio de transmisión que proporciona muchas ventajas a estas redes.

Las principales ventajas de este tipo de redes son:

- La utilización de tan solo elementos pasivos consigue abaratar de una manera muy considerable el coste del despliegue de la red. Por otra parte, también se consigue ahorrar en el mantenimiento de la red, ya que los elementos pasivos no requieren tanta atención como los activos, y al mismo tiempo son más baratos.
- La propia estructura PON, permite gestionar de manera eficiente el tráfico de la red gracias al uso de WDM. Las señales de voz y datos viajan a través de la red en la longitud de onda de segunda ventana, mientras que las señales de vídeo lo hacen en tercera ventana. De este modo se evita la mezcla de las señales entre sí, y se facilita la difusión desde la OLT a las diferentes ONT.
- Evidentemente hay que destacar el elevado ancho de banda permitido por los sistemas basados en arquitecturas PON, ya que pueden alcanzar los 2,5 Gbps de tasa descendente para el usuario. Esto quiere decir que se trata de una tecnología capaz de proporcionar al usuario el servicio Triple Play (datos, telefonía y vídeo). Por tanto, de acuerdo con las necesidades del usuario de hoy en día, es una justificación la utilización de redes PON.
- Por último, es una tecnología que está en constante desarrollo al igual que otras. Sin embargo, PON es la que hemos visto que evoluciona de una manera más rápida y estable, y por ello es la tecnología que supone un soporte imprescindible para prestar servicios como vídeo de alta definición (HD Vídeo a 10 Mbps que está siendo implantado ahora) y servicios futuros. Es decir, es una tecnología flexible para futuras prestaciones.

2.4.2 Desventajas de las redes pasivas

A pesar de la gran cantidad de ventajas que poseen las redes PON, también existen algunos inconvenientes, sin embargo, no llegan a ser lo suficientemente importantes como para evitar utilizar las redes PON como la mejor configuración posible para una red FTTH.

- Al igual que es una gran ventaja el uso de un divisor óptico para la distribución de la señal, también es un inconveniente. El hecho que un divisor distribuya la información procedente de la OLT a todos las ONTs que se encuentran conectadas a la misma etapa o árbol de distribución, provoca la reducción de la eficiencia de la red, la cual es menor que en un enlace punto-a-punto.
- Es también importante recalcar el tema de la seguridad del sistema. La información que es transportada por la red, fluye a través de un mismo canal físico, lo cual aumenta la probabilidad de escuchas. Esto disminuye la seguridad de la red, obligando, de esta manera, a establecer un alto nivel de encriptación.
- Tampoco hay que olvidar que todos los abonados están conectados a una sola OLT. Una avería de esta, supone una caída completa del sistema. Este problema se aborda duplicando las OLTs de cabecera, para que el sistema sea más fiable.
- Respecto a las pérdidas del sistema, sabemos que al utilizar fibra óptica, éstas son ridículamente bajas. Esto significa que, a priori, las distancias que se pueden abarcar son muy grandes. No obstante, la introducción del divisor óptico en el sistema para la distribución de la información, también introduce pérdidas. El número de etapas o puertos de salida del divisor es directamente proporcional con las pérdidas, es decir, a mayor número de usuarios, mayor es la atenuación del divisor.

Por tanto, a pesar de todos los inconvenientes citados anteriormente, las redes PON siguen siendo la mejor opción para FTTH, ya que el ahorro económico respecto a otras configuraciones es muy grande y la flexibilidad de la red acepta la conexión de multitud de usuarios con unas pérdidas aceptables.

2.5 Tecnología GPON

Como hemos visto de forma breve anteriormente, GPON junto con XG-PON hoy en día son de las tecnologías más punteras en comunicaciones guiadas por cable debido a sus grandes ventajas, mencionadas anteriormente, ahora vamos ver con más en detalle la tecnología GPON, ya que esta será la tecnología que se utilizara en la red que diseñemos.

2.5.1 Descripción del estándar GPON

Las redes GPON (Gigabit Passive Optical Networks) es una red óptica que tiene una capacidad de Gigabit, esta fue acreditada por la unión internacional de telecomunicaciones (ITU-T) entre los años 2003 y 2004, este organismo es el encargado de estandarizar las redes PON con velocidades superiores a 1Gbps.

Como ya hemos mencionado varias veces, GPON es el estándar que más se utiliza cuando se quiere realizar un enlace de fibra óptica en las áreas metropolitanas. Este tipo de redes pueden dividir la señal óptica con hasta 64 usuarios, siendo esta una red completamente pasiva.

La tecnología GPON, como se mencionó anteriormente, puede brindar a los usuarios capacidades de hasta 2,5Gbps para downstream y 1,25Gbps para upstream, esta capacidad se distribuye con los hasta 64 usuarios y alcanzando una distancia de hasta 20Km.

Generalized Encapsulation Method (GEM), es el empleado para esta tecnología el cual permite soportar distintos tipos de servicio como son Ethernet, TDM, ATM, etc. que tienen una disminución de sobrecarga, generando en el ancho de banda que se tiene disponible un máximo provecho.

Como se observa en la siguiente figura, la tecnología GPON está dividida en tres bloques, primero se encuentra la OLT que está ubicada en la oficina central, el segundo bloque es la ODN donde se encuentran los elementos pasivos entre ellos, los splitters, las CTO etc. En el bloque final se encuentra la ONT que está ubicada en el interior del usuario. Usando como medio de comunicación la fibra óptica y el cable drop óptico.

2.5.2 Recomendaciones del ITU 984x

La ITU-T G.984 (Unión Internacional de Telecomunicaciones en la serie G: sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales), ofrece un mayor ancho de banda y más eficiencia en el transporte de servicios IP, lo cual permite ofrecer servicios triple play.

A continuación se entrará en detalle en cada una de las recomendaciones de las versiones de ITU 984x.

2.5.2.1 Recomendación ITU 984.1

Esta recomendación describe una red óptica con capacidad de alcanzar velocidades de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido descendente (hacia el destino) y de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s; 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido ascendente (hacia el origen).

Se define que los sistemas de redes ópticas pasivas, tienen capacidad de Gigabits simétricos y asimétricos (ascendentes/descendentes). Las características del sistema GPON se basan en la necesidad de servicio de los operadores. El objetivo de esta recomendación es mejorar la Rec. ITU-T

G.983.1 de esta manera garantiza la máxima continuidad de los sistemas y la infraestructura de fibra óptica existentes, se mantienen algunos de los requisitos de la Rec. UIT-T G.983.1.

2.6.2.2 Recomendación UTI 984.2

En esta recomendación se exponen los requisitos que debe cumplir la capa física, cuáles son las especificaciones dependientes de los medios físicos (PMD).

2.5.2.3 Recomendación UTI 984.3

Esta recomendación describe las especificaciones de trama, mensajes, determinación de distancia y cuáles son las funciones de OAM.

Esta recomendación se distingue de la serie G.983 por sus velocidades binarias de líneas superiores, abarcando numerosos aspectos y características técnicas de forma diferente a la serie G.983 estos sistemas no son interoperables.

2.5.2.4 Recomendación UTI 984.4

Por medio de esta recomendación se determina la interfaz de control y gestión (OMCI) de la red óptica (ONT) mediante los sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (G-PON), como está definido en las Recs. UIT-T G.984.2 y G.984.3. Especificaciones de las entidades gestionadas de una base de información de gestión (MIB) que son independientes del protocolo que se encarga de determina como se intercambiará lo datos que son transportados de la línea óptica (OLT) y la red óptica (ONT).

2.5.3 Protocolos involucrados en GPON

Las redes GPON son una evolución de redes pasivas ópticas ATM, que utiliza tecnologías TDM en sentido descendente con periodos de transmisión fijos y TDMA en sentido ascendente. GPON utiliza un método de encapsulación de datos propio llamado GEM ("GPON Encapsulation Method") la cual soporta cualquier tipo de servicio como Ethernet, ATM, TDM, etc. en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas síncronas de 125us. Además de esto, la tecnología GPON usa capacidades de OAM avanzadas (Operación, Administración y Mantenimiento), ofreciendo una potente gestión del servicio de extremo a extremo.

A consecuencia de la arquitectura en árbol que utilizan las redes GPON, se utiliza el broadcasting para la señal de bajada y técnicas de seguridad de encriptación AES ("Advanced Encryption Standard") para proteger de esta forma los datos que debido a la forma en la que de transporte llegan a todos los usuarios y deben estar codificadas para que la reciba solo el usuario que pide la información. Para utilizar de forma eficiente el ancho de banda con el que se puede contar en la fibra óptica en cualquier momento incluyendo los de más alto tráfico que la red pudiera tener, utiliza una técnica de Asignación Dinámica de Ancho de Banda o DBA (Dyminic Bandwith Allocation).Podríamos decir que

las 7 tecnologías involucradas en la arquitectura GPON son 4:

1. BDA (Dyynamic Bandwith Allocation)
2. GEM (GPON Encapsulation Method)
3. ATM (Asynchronous Transfer Mode)
4. WDM(Wave Division Multiplexing)
5. OMCI (ONT Management and Control Interface)
6. AES (Advanced Encryption Standard)
7. FEC (Forward Error Correction)

1. BDA (Dyynamic Bandwith Allocation)

La Asignación dinámica de ancho de banda (DBA) permite a las ONT y a sus contenedores de tráfico (T-CONT) que soliciten un ancho de banda upstream de forma dinámica, por su parte la OLT es la que se encarga de reasignar el ancho de banda de forma correspondiente mediante el método de monitorización de celdas vacías.

Mediante el estándar ITU-T G983.4 DBA permite que se incluyan los contenedores de tráfico (T-CONT), y estos T-CONT son los encargados del flujo de tráfico upstream que se transportan por medio de la OLT siendo la finalidad de transmitir el ancho de banda. Se pueden dividir en tres tipos los T-CONT dependiendo del almacenamiento de la tasa de bit que es fija; la asignación del ancho de banda siempre será dada aunque no sea utilizada, mientras que el ancho de banda asegurado no siempre será asignado sólo cuando se necesite de esta manera garantizando la asignación. Mientras tanto el ancho de banda asegurado que no es asignado será otorgado a otros servicios u otros usuarios.

2. GEM (GPON Encapsulation Method)

Uno de los nuevos protocolos en los estándares ITU-T G.984s es el GEM el cual puede transportar diversas señales por redes SDH (Synchronous Digital Hierarchy o Jerarquía Digital Asíncrona), además GPON lo utiliza para el encapsulado en el protocolo de transporte síncrono con tramas periódicas de 125µs, permitiendo que soporte los diferentes servicios como: Ethernet, TDM, ATM, etc. GEM es la adaptación de GFP (Generic Framing Procedure o Procedimiento enmarcado genérico) del ITU-T G.7041, con cambios mínimos que van a servir para la optimización de las tecnologías PON.

Por medio del protocolo de convergencia de transmisión GPON GTC (GPON Transmission Convergence) puede transportar de forma transparente el tráfico de GEM. Ofreciendo no solo un ancho de banda mayor sino que también mejora el rendimiento de los operadores y mantiene los servicios tradicionales como voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc., sin que tenga la necesidad de cambiar los equipos instalados en los usuarios finales. Se garantiza una fiabilidad al implementar la OAM (Operación administrativa y mantenimiento) en la potencia de gestión del servicio de extremo a extremo.

3. ATM (Asynchronous Transfer Mode)

ATM es una tecnología de conmutación de celdas que usa la multiplexación por división de tiempo asíncrona proporcionando un ancho de banda escalable desde 2Mbps a los 10Gbps. Adicionalmente aprovecha la conmutación de circuitos y de paquetes para transmitir la información en tiempo real, previo al intercambio de datos establecemos un modelo de conexión de un circuito virtual entre los puntos de enlace, obteniendo ventajas sobre IP o Ethernet. En la siguiente figura se puede observar que en el primer tramo se encuentran los flujos de información con distintas velocidades, además estos flujos son agrupados en el Módulo ATM, luego serán transportados por medio de los enlaces de transmisión a velocidades de 155 o 622 Mbits/s que es facilitado por el sistema SDH.

4. WDM (Wave Division Multiplexing)

Se trata de una tecnología que multiplexa varias señales ópticas portadoras en una sola fibra usando diferentes longitudes de onda (colores). Mediante WDM se puede tener el soporte de varios formatos de datos y servicios en una misma red sea de forma simultánea.

En la la siguiente figura están detallados los elementos que forman una WDM que son: Transponedor de transmisión que es el encargado de adaptar la señal proveniente del abonado, multiplexor óptico, amplificador óptico, compensadora de dispersión, interfaces ópticos.

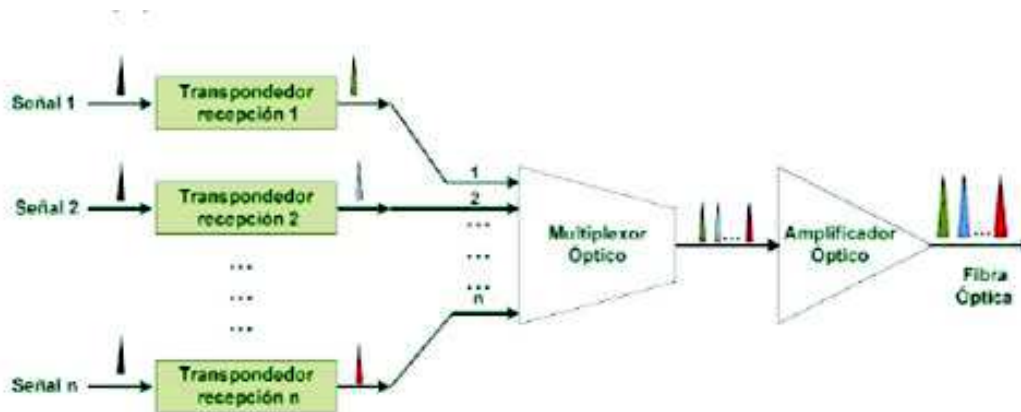


Figura 16. Estructura de un WDM. Fuente: Google

Los sistemas WDM son utilizados en arquitecturas tanto activas como pasivas de fibra óptica y pueden ser de dos tipos DWDM y CWDM:

- DWDM: es la multiplicación por división en longitudes de ondas densas, esta técnica usa la banda C (1550nm) para transmitir señales en la fibra óptica haciendo que consiga un mayor número de canales ópticos y reduciendo la dispersión cromática de cada canal. Para transmitir necesitamos dos dispositivos, el multiplexor y demultiplexor para el transmisor y el receptor respectivamente.

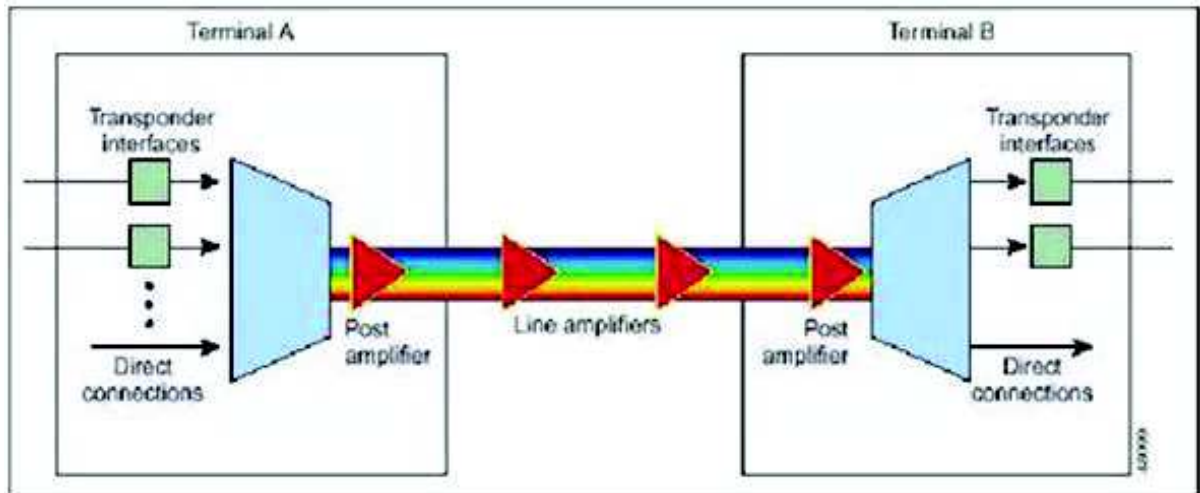


Figura 17. Funcionamiento DWDM. Fuente: Google

- CWDM: es la multiplexación para la división en longitudes de ondas ligeras, transmite señales a través de la fibra óptica con un espacio de frecuencia de 2.500Ghz, el cual permite dar un mayor ancho espectral obteniendo el número de canales que son necesarios para utilizar sin que haya necesidad de disminución porque cada uno de ellos se encuentra separado. Puede llegar a cubrir distancias de hasta 120Km. Para la transmisión se requieren dispositivos para la multiplexación y demultiplexación que están basados en TFF (Thin-Film-Filter (Tecnología de Película Delgada))

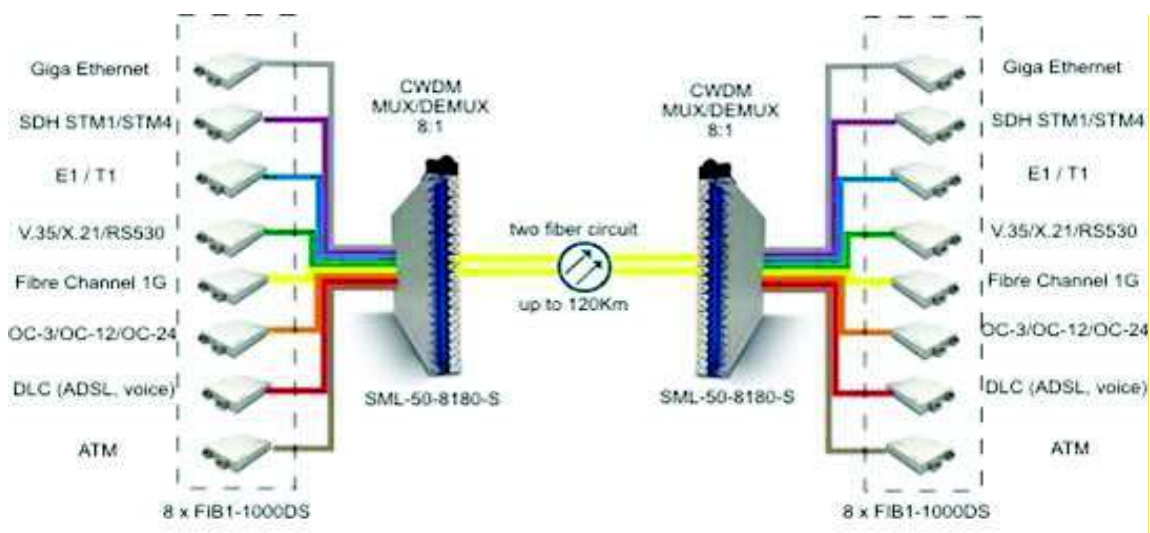


Figura 18. Funcionamiento CWDM. Fuente: Google

5. OMCI (ONT Management and Control Interface)

OMCI o Gestión y Control de interfaces de ONT es un protocolo utilizado entre la OLT y la ONU, por medio de la OMCI se va a acceder a la dirección IP que permite a la OLT dirigirse a cada una de las diferentes ONTs, una vez que dicha dirección IP haya sido asignada. Este protocolo es ejecutado en una conexión GEM y establecido durante el arranque de la ONT.

El protocolo OMCI trabaja asimétricamente, es decir la OLT es el que se encarga de enviar la información mientras que la ONT de recibirla. Para poder controlar múltiples ONTs sólo se requiere tener una OLT, esta se encargará de distintas distancias en canales de control que son autónomos, mediante el cual puede controlar múltiples ONTs.

6. AES (Advanced Encryption Standard)

El estándar AES o estándar de encriptación avanzado, fue creado por el Instituto nacional de estándares, este, está basado en el algoritmo Rijndael, un método de cifrado en bloque que posee unas propiedades de encriptación muy robustas. Este método de cifrado permite utilizar una cantidad de memoria menor y su hardware y su software son fáciles de llevar a cabo.

AES trabaja en un bloque de datos fijo de 128 bits, que se organizan en una matriz 4x4, siendo el tamaño de llave 128, 192 o 256 bits. El cifrado de cada rutina del algoritmo AES, menos la última rutina, consta de 4 pasos:

1. SubBytes: en este paso se realiza una sustitución no lineal donde cada byte es reemplazado con otro de acuerdo a una tabla de búsqueda de 8 bits.

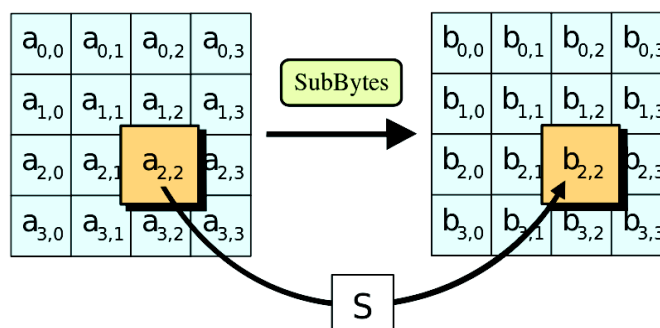


Figura 19. SubBytes. Fuente: Wikipedia

2. ShiftRows: en este paso se realiza un cambio de posición de cada fila del "state", cada una de estas filas es rotada hacia la izquierda, de forma cíclica, un número determinado de veces, diferente para cada fila.

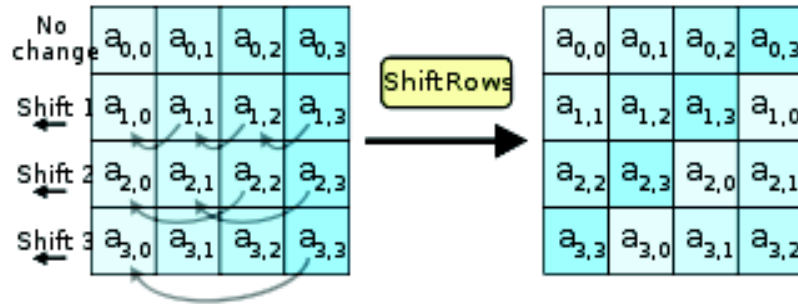


Figura 20. ShiftRows. Fuente: Wikipedia

3. MixColumns: esta operación tiene la tarea de operar en las columnas del “state” y combinar los 4 bytes en cada columna usando una transformación lineal.

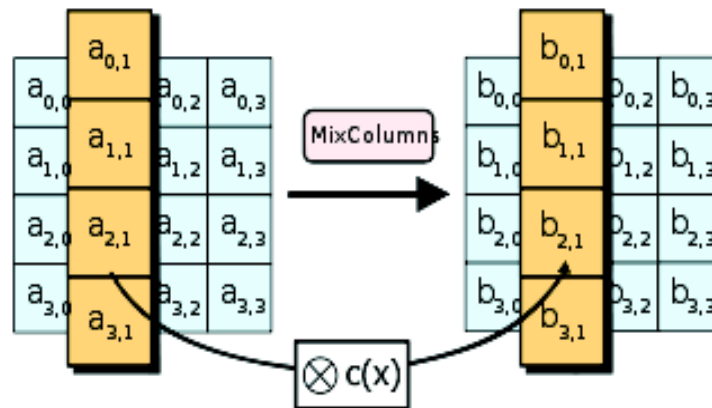


Figura 21. MixColumns. Fuente: Wikipedia

4. AddRoundKey: en este paso, cada byte del state se combina con un byte de la subclave mediante la operación XOR.

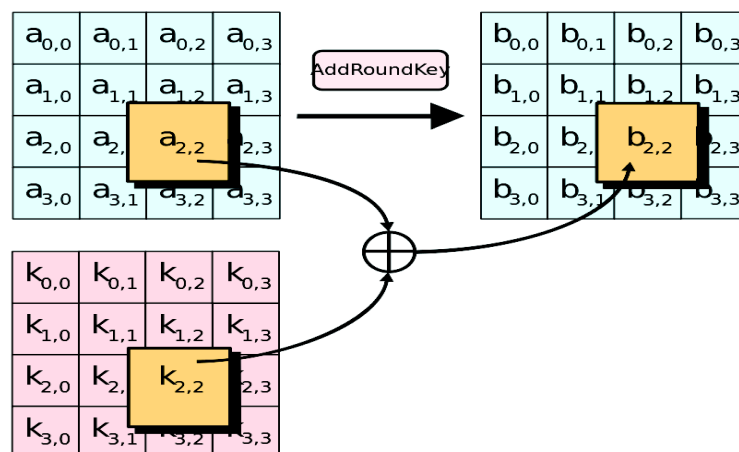


Figura 22. AddRoundKey. Fuente: Wikipedia

7. FEC (Forward Error Correction).

Es el protocolo de corrección de errores utilizado para el control de fallos en la transmisión de datos. Lo que hace el protocolo FEC es añadir datos redundantes a los mensajes, la redundancia es la que permite al receptor detectar y corregir un número limitado de errores. Hay dos tipos de codificación:

- Códigos de bloque: la paridad en el codificador se introduce mediante un algoritmo algebraico aplicado a un bloque de bits. El decodificador aplica el algoritmo inverso para poder identificar y, seguidamente corregir los errores introducidos en la transmisión.
- Códigos convolucionales. Conforme van llegando los bits al codificador, se van codificando. Hay que mencionar que la codificación de uno de los bits está enormemente influenciada por la de los bits anteriores. La decodificación para este tipo de código es compleja ya que en principio, es necesaria una gran cantidad de memoria para estimar la secuencia de datos más probable para los bits recibidos. Una de las funciones principales es que haya una disminución de números de transmisiones con errores y la potencia en los sistemas de comunicación, con ello se permite un mayor índice de seguridad dejando a un lado el reenvío de los mensajes que han sufrido algún daño a la hora de ser transmitidos.

2.5.4 Canales downstream y upstream

2.5.4.1 Canal Downstream

En este canal se encuentra un protocolo de difusión que está encargado de la propagación descendente de la red a todas ONTs de los abonados, utiliza el encriptado AES (Advance Encryption Standard) que obtiene una carga útil en los bloques de datos de 16 bytes con claves del mismo formato de bytes.

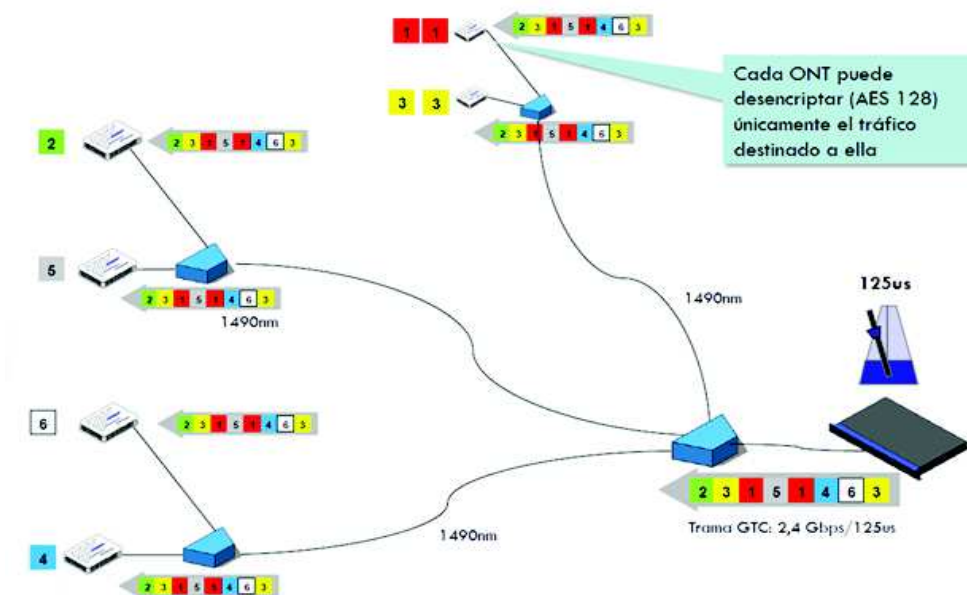


Figura 23. Canal Downstream de GPON. Fuente: telnet

Las tramas GTC en canal descendente y ascendente tienen una duración de 125µs.

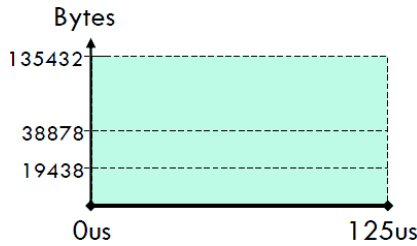


Figura 24. Tasa de Bytes por trama.
Fuente: Telnet

El tamaño de estas tramas es el factor que determina la velocidad en canal descendente y ascendente:

Bytes por trama GTC	Velocidad Gbps	Aplicación
19438	1,244	Canal ascendente GPON
38878	2,488	Canal descendente GPON y canal ascendente en XG-PON1
65536	4,199	Sin utilizar
135432	9,953	Canal descendente XG-PON1 y XG-PON2. Canal ascendente XG-PON2

Figura 25. Tamaño de tramas segun tecnología. Fuente: Telnet

Las tramas GTC están formadas de la siguiente forma:

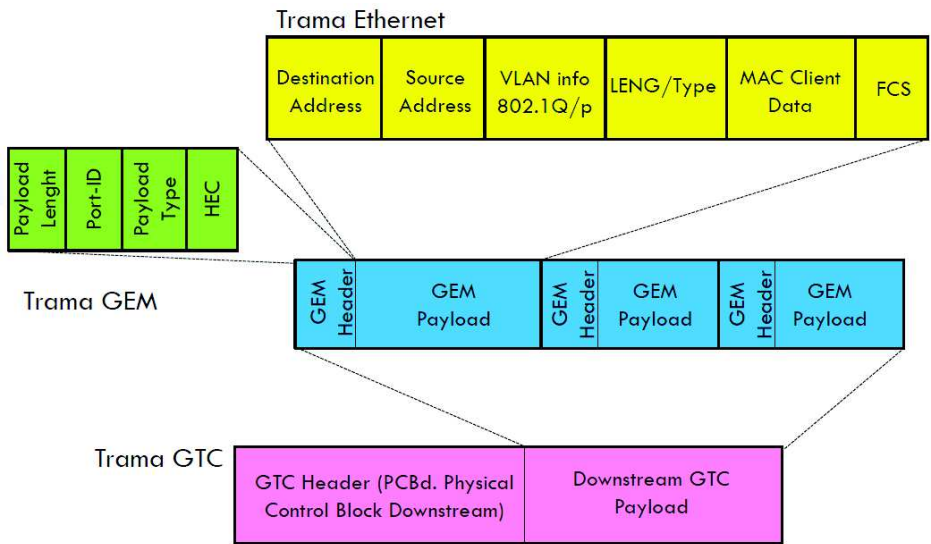


Figura 26. Estructura trama GTC. Fuente: Telnet

Como podemos ver en la figura anterior, las tramas GTC llevan en su interior las tramas GEM y estas a su vez, llevan dentro las tramas Ethernet, estas se transportan de manera transparente teniendo en cuenta que la OLT y la ONT son capaces de interpretar y modificar, si procede, la información 802.1Q/p/ad.

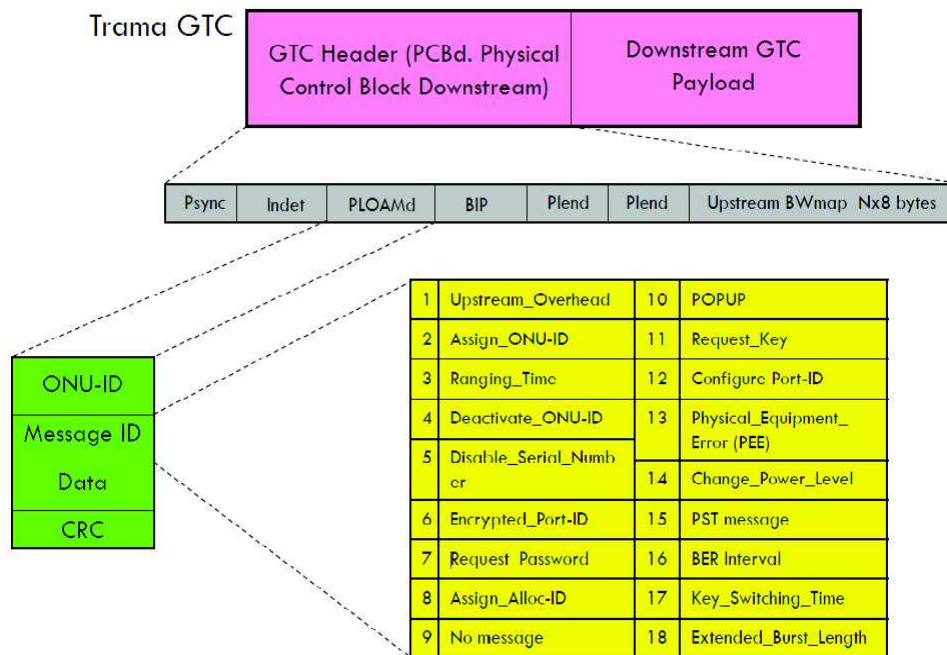


Figura 27. Estructura cabecera trama GTC. Fuente: Telnet

La cabecera de la trama GEM está formada por estos diferentes campos:

- Payload Length Information (PLI) indica la longitud en bytes de los datos de usuario transportados. Como máximo se transportan 4095 bytes. Si los datos de usuario exceden este valor se trocean en varias tramas GEM
- Port-ID. Es un identificador de tráfico para diferenciar cada puerto GEM. Hasta 4096 canales posibles (12 bits).
- Payload Type Information (PTI) informa sobre tipo de datos transportados: datos fragmentados, final de una trama fragmentada, información OAM GEM.
- HEC. Información para detección y corrección de errores en la cabecera GEM.
- Physical Layer OAM (PLOAM) es un canal habilitado en la trama GTC para el envío de mensajes entre OLT y ONT/ONU. A través de la gestión PLOAM se configuran y monitorizan parámetros del nivel PMD y GTC, como son: la activación de las ONUs (asignación de ONU-ID, Ranging, desactivación de ONU, Password, S/N, etc), la configuración de encriptación, Asignación de números de Alloc-ID y alarmas (Errores físicos, dying gasp, etc).

2.6.4.2 Canal Upstream

El canal Upstream, es en sentido ascendente, del usuario a la red, este canal es más complejo que el Downstream, utiliza el protocolo de acceso al medio TDMA y la OLT la controla de forma dinámica. La trama ascendente está formada por una o varias ONTs, como se puede ver en la figura siguiente, de esta manera, aseguramos que en la transmisión no haya ninguna colisión entre la OLT y el terminal que será la ONT ya que TDMA envía la transmisión cuando sea necesario

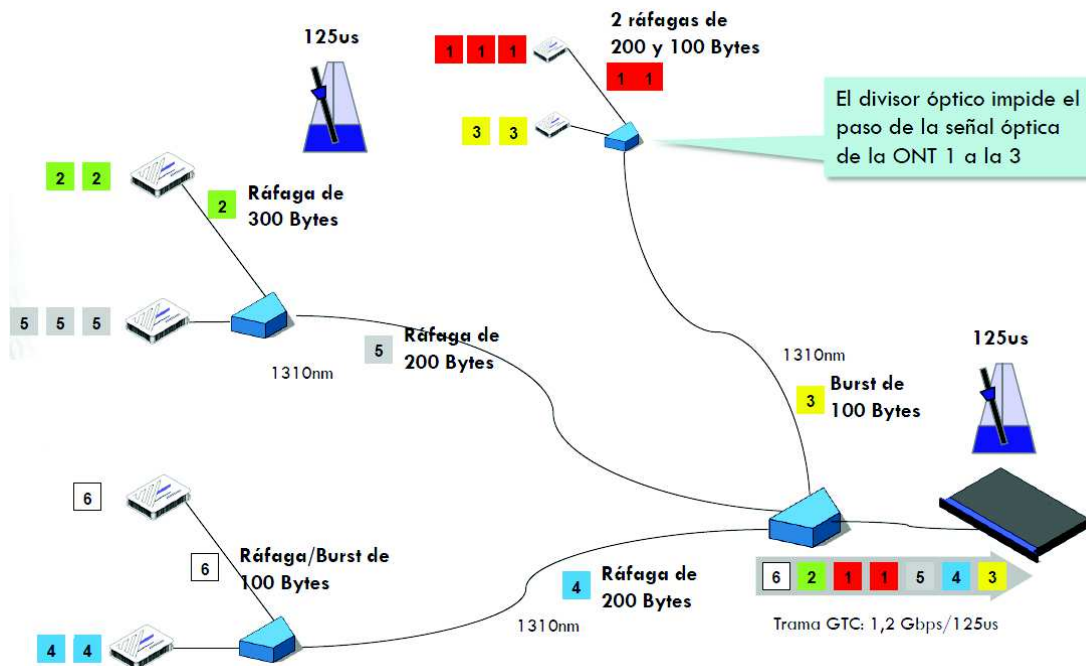


Figura 28. Canal Upstream. Fuente: telnet

Ahora que tenemos una idea general de cómo funciona el canal ascendente, vamos a ver con más detalle cómo funciona este y como es la forma en la que intervienen la ONT y la OLT en el proceso.

En la ONT el tráfico entrante (GbE) es procesado a nivel 2 (802.1p/Q/ad) según las reglas establecidas por la OLT a través del protocolo de gestión OMCI. A su vez, el tráfico de voz (RJ11) se codifica en IP y se transporta mediante tramas Ethernet que a su vez están encapsuladas en tramas GEM.

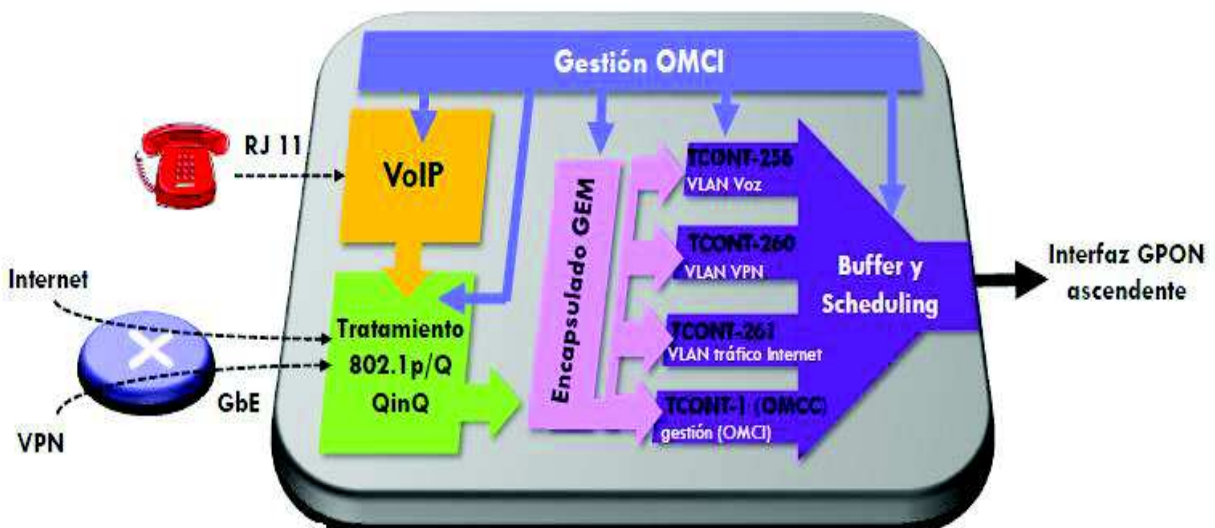


Figura 29. Protocolo OMCI en la ONT. Fuente: telnet

Mediante el protocolo OMCI se configuran una o más colas (T-CONT), estas colas, están formadas por una o más tramas GEM que serán enviadas hacia la OLT en forma de ráfagas, siguiendo la política de desencolado establecida por la OLT.

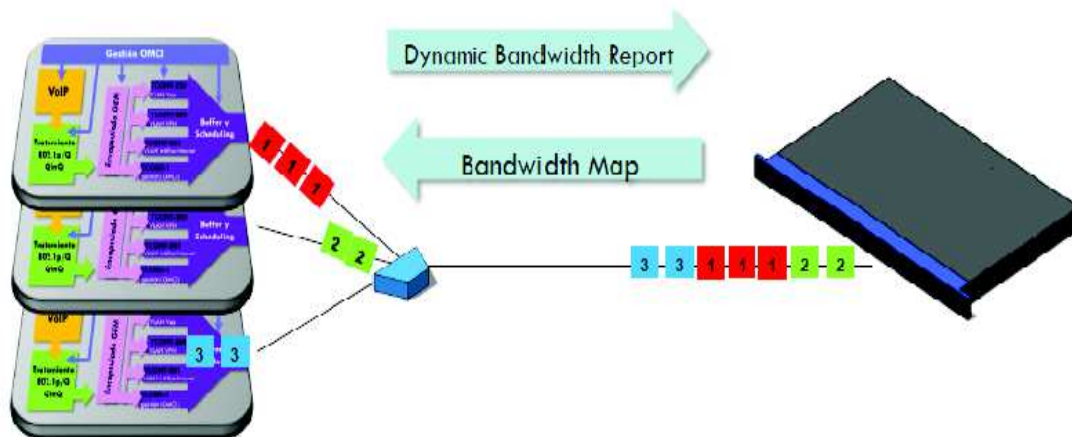


Figura 30. funcionamiento de OMCI. Fuente: Telnet

Mediante mensajes Dynamic Bandwidth Report Upstream (DBRu) cada ONT es capaz de informar a la OLT de la cantidad de ancho de banda que necesita en cada momento. Gracias a estos mensajes la OLT tiene una visión completa del estado de todas las colas (T-CONT) que hay en la red.

También están los mensajes Bandwidth Map (BWmap), a través de estos mensajes la OLT establece “tiquets”, denominados Alloc-ID, para indicar el turno en el que cada ONT puede enviar los datos de sus colas (T-CONT).

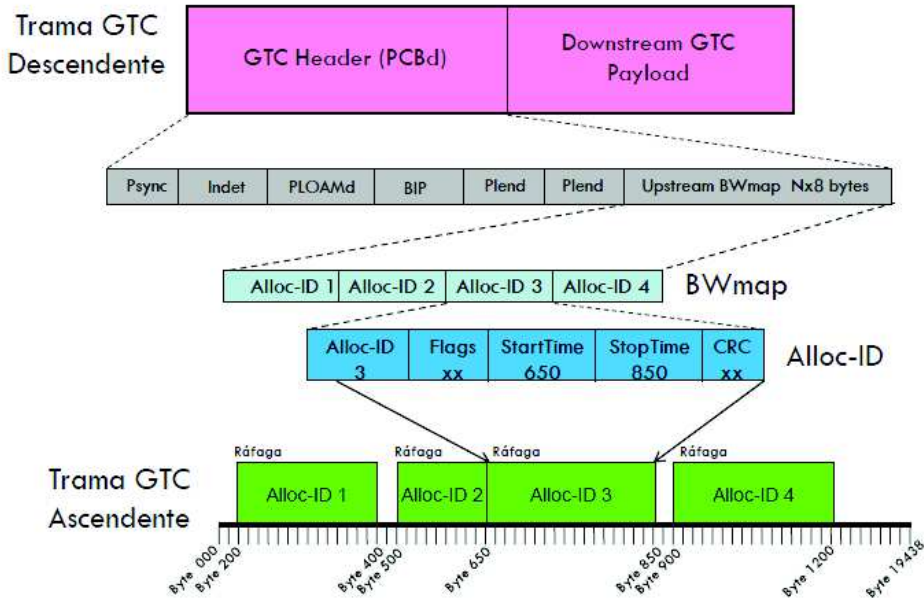


Figura 31. Funcionamiento BWmap. Fuente: Telnet

Una vez establecidos los Alloc-ID de transmisión de cada ONT gracias a la trama descendente GTC, ya es posible enviar la trama GTC ascendente, que contiene las diferentes tramas GEM de las diferentes ONTs y estas a su vez encapsulan las tramas Ethernet que contienen la información.

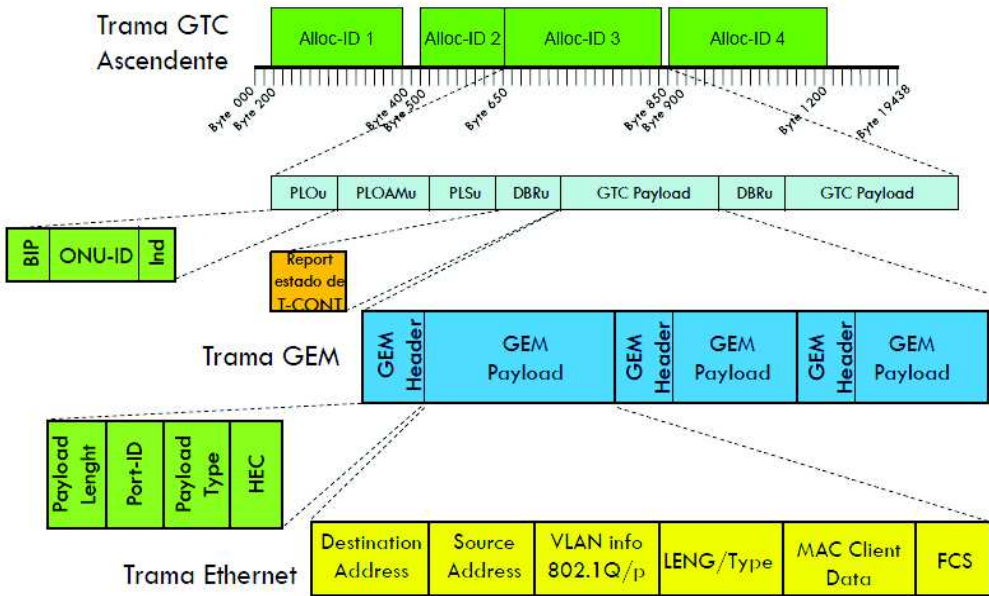


Figura 32. Funcionamiento Alloc-in. Fuente: Telnet

Ahora vamos a ver como es el proceso por el cual se activa la ONT:

1. La ONT recién instalada, se enciende e intenta sincronizarse. Para hacerlo busca el campo PSync que está en la cabecera de las tramas GTC descendentes.
2. Seguidamente la ONT aprende a través del mensaje PLOAMd Upstream_Overhead cuál es el retardo y preámbulo aplicado en el canal Upstream.
3. La OLT enseña a la ONT sobre el preámbulo Type 3 (preámbulo Pre-ranged)
4. Envío de una trama con el campo BWmap vacío. Se impone un quiet window en toda la red PON de 125us.
5. La OLT pide un número de serie a la ONT. La petición se realiza en el campo BWmap con un Alloc-ID 254.
6. Cada ONT responde con su número de serie por medio de un mensaje PLOAMu

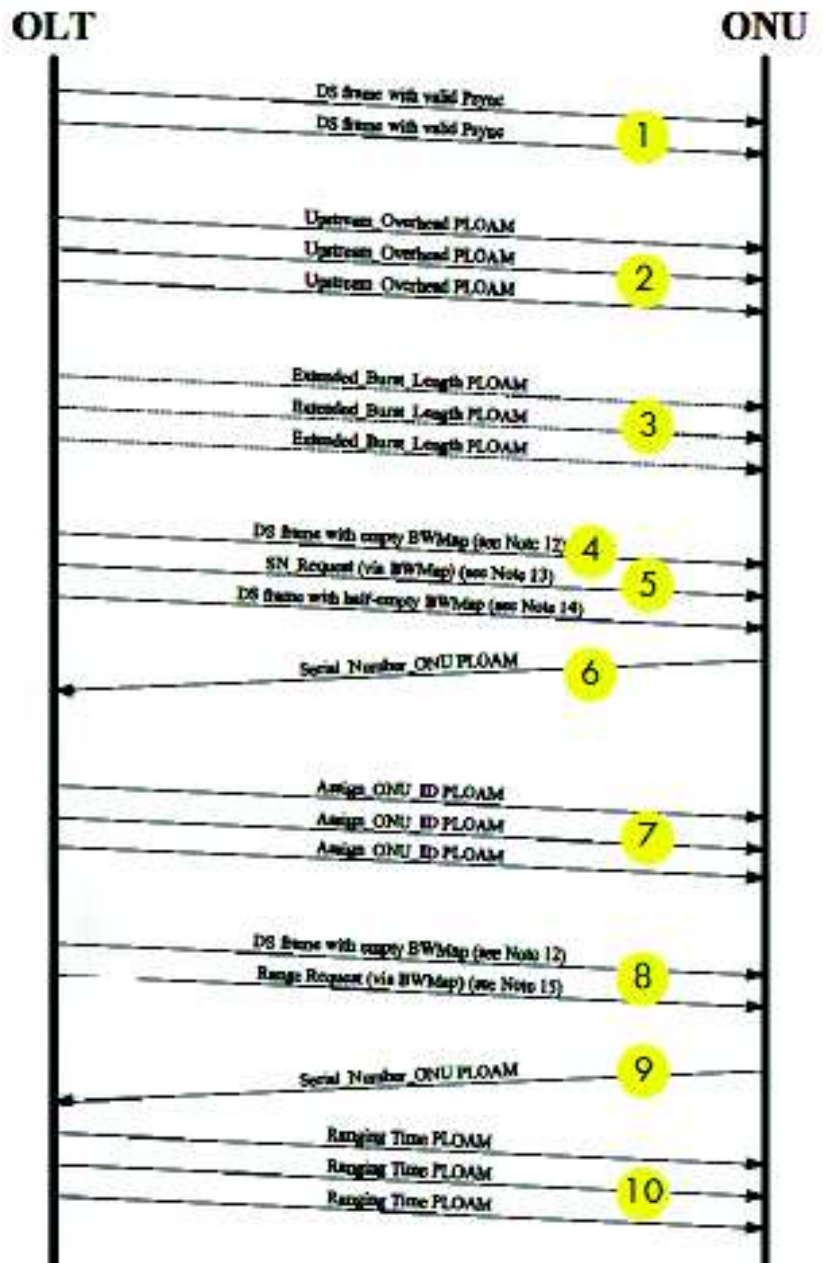


Figura 33. Proceso de activación de la ONT. Fuente: Telnet

- Serial_number_ONT.
7. La OLT asigna a través de un mensaje PLOAMs Assign_ONT_ID, un número ID a la ONT.
8. Se impone un quiet window en la red pon de 125us. A través de un mensaje Range_Request en el campo BWmap, se inicia el proceso de Ranging para ajustar la sincronización de la ONT en el envío de tramas Upstream de acuerdo a la distancia que la separa de la OLT.
9. La ONT responde con su número de serie para iniciar el proceso de Ranging.

10. La OLT envía a través de un mensaje PLOAMd la ecualización que usará la ONU en sus tramas Upstream, para que el reloj de transmisión de la ONU este a la par con el reloj descendente de la GTC. Como cada ONU está a una distancia diferente, es preciso establecer un retardo específico para cada una de ellas y de esta forma asegurar que el envío de ráfagas ascendente se adapta a la perfección con la trama GTC ascendente. En la siguiente figura se puede ver el proceso que se sigue:

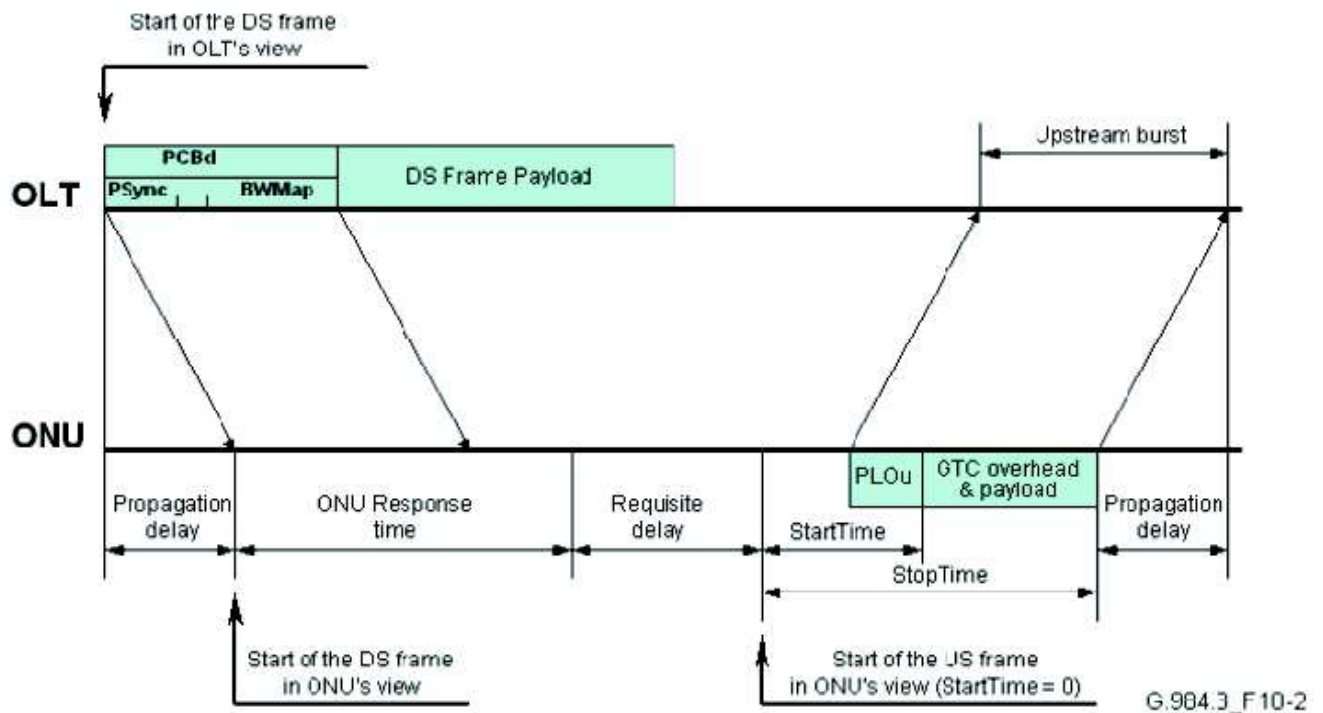


Figura 34. Ecualización de la ONU. Fuente: Telnet

2.5.5 Elementos componentes de la red GPON

La configuración típica de una red GPON tiene los elementos que se muestran en la siguiente figura y que se detallan a continuación:

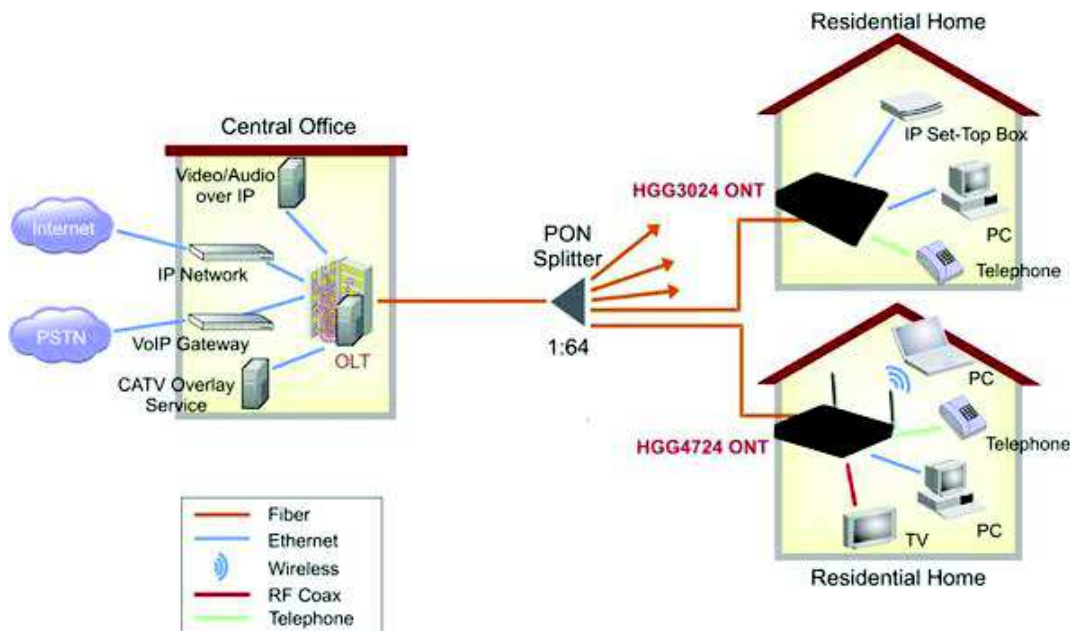


Figura 35. Elementos que forman una red GPON. Fuente: Goolge

2.5.5.1 OLT (Optical line terminal)

La OLT, como se ha mencionado varias veces en este trabajo, es el elemento activo situado en la central del proveedor. De él parte el cable principal de fibra (cable trocal o drop) hacia los usuarios y es ella misma la que se encarga de gestionar el tráfico hacia los usuarios o proveniente de ellos, es decir, realiza funciones de router para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios. Cada OLT suele tener la suficiente capacidad para proporcionar un servicio a cientos de usuarios. Además, actúa de puente con el resto de redes externas, permitiendo el tráfico de datos con el exterior. Cada OLT, adquiere datos de tres fuentes diferentes de información, actuando como concentrador de todas ellas. Así pues, el OLT de cabecera tiene conexión con las siguientes redes:

1. PSTN (public switched telephone network) o RTB (red telefónica básica), para los servicios de voz.
2. Internet, para los servicios de datos o VoIP.
3. Video broadcast o VoD (video on demand).

Sin embargo, la OLT no es un hardware único, sino que se divide en tres equipos diferentes, cada uno de ellos encargado de gestionar un tráfico determinado. Así pues, existen tres subtipos de OLT:

1. P-OLT, OLT proveedor (provider OLT). Este equipo tiene dos tareas fundamentales:

- Es la encargada de recoger las tramas de voz y datos que se dirigen hacia la red PON, procedentes de las redes RTB e Internet, y las transforma en señales adecuadas para las diferentes ramas de los usuarios por difusión a través del protocolo TDM, utilizando la longitud de onda de 1490nm.
- Absorbe todas las tramas de voz y de datos procedentes de las ONT de usuarios, concentrándolos en una sola vía en función de los datos recibidos. Así pues el tráfico de voz lo redirige hacia la red RTB, y el tráfico de datos hacia la red Internet, utilizando la longitud de onda de 1310nm.

Este dispositivo, además de concentrar la información, y dividirla en función de su naturaleza (voz-datos), también se encarga de multiplexar el canal descendente y ascendente a través de la misma fibra.

2. V-OLT, OLT de vídeo. Este dispositivo se encarga únicamente de transportar las tramas de vídeo y vídeo bajo demanda VoD procedentes de la red de video difusión, hasta las ONT de los usuarios. Para ello, transforma las tramas de vídeo en señales adecuadas para introducirlas en las ramas de todos los usuarios (difusión), en la longitud de onda de 1550 nm.

3. M-OLT, OLT multiplexador (multiplexer OLT). Es un equipo multiplexor WDM que permite la multiplexación y demultiplexación entre las señales procedentes del P-OLT y V-OLT.

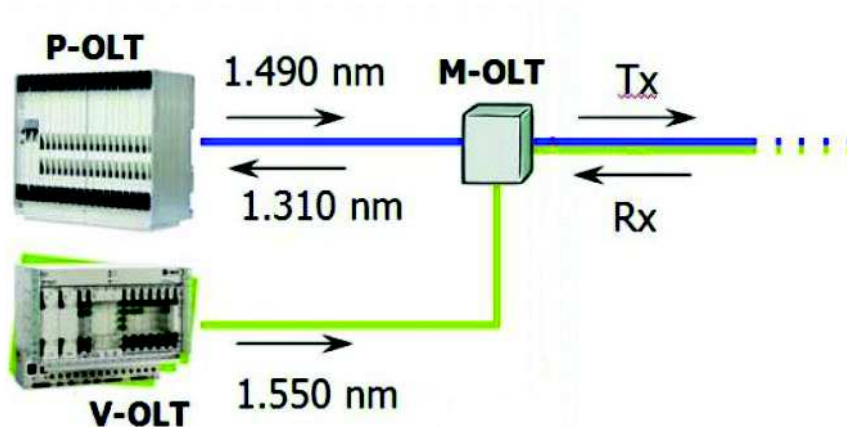


Figura 36. Partes de una OLT. Fuente: Goolge

Al utilizar diferentes longitudes de onda para cada cosa, se consigue evitar interferencias entre los contenidos del canal ascendente y descendente. Para ello se emplean técnicas WDM (Multiplexación por división de longitud de onda) basadas en el uso de filtros ópticos.

También hay que destacar que los OLT no emiten a la misma potencia a todos los ONT, sino que lo hacen dependiendo de la distancia a la que se encuentren de la central. Esto es posible gracias a los dimensionadores de distancia que poseen los OLT, que son capaces de calcular la distancia existente entre el usuario final y la central.

2.5.5.2 Fibra óptica.

Este medio dieléctrico hecho de dióxido de silicio o plástico, posee un gran ancho de banda, de hasta, 25.000 GHz (35nm) que está, en teoría, disponible y con el que se podrían alcanzar velocidades de entre 10 y 100Gb/s por cada usuario al que le llegue una red con este material y con un grosor comparable al del cabello humano, 0,1mm aproximadamente. No solo el ancho de banda que ofrece este medio es importante, la baja atenuación que posee (0.20db/km a 1.55um) y el bajo costo, que en la actualidad es inferior al cobre, el pequeño espacio físico que ocupa, el peso, la casi completa ausencia de cualquier mecanismo de envejecimiento, la inmunidad que tiene a los rayos y el hecho de que ningún medio superior ha sido desarrollado desde que la fibra fuera introducida en 1965, vuelve valido al argumento de que una inversión en una red de fibra óptica será lo más permanente que vamos a tener en cuanto a medios de transporte.

El cable de fibra óptica está formado por tres estructuras, como podemos ver en esta figura:



Figura 37. Partes del cable de fibra óptica. Fuente: Goolge

- Núcleo óptico: esta parte es la que está en el interior del cable, está fabricado con un material dieléctrico que suele ser vidrio de silicio o cuarzo o plástico de dióxido de silicio. El núcleo óptico es lo que permite llevar las señales ópticas desde la OLT hasta el dispositivo receptor, la ONT.
- Revestimiento de protección (vaina óptica y vaina primaria): estas estructuras son las que permiten la protección del núcleo óptico, están fabricadas con un material que tiene un índice de refracción mayor al del núcleo, lo que hace que la luz se refleje en el revestimiento. Cuantas más capas tenga el cable, más protegido estará el núcleo contra curvaturas extremas y otros posibles daños, lo cual alargara la vida útil del cable.
- Revestimiento de protección: es el encargado de proteger el núcleo óptico y al revestimiento de posibles daños futuros que pueda tener, permitiendo que la fibra se pueda utilizar en el exterior, de modo subterráneo o submarino y de esta manera proteger el cable de fibra contra la humedad, de que sea aplastado, de roedores y otros agentes externos.

Redes de fibra óptica, más allá de la luz.
Camilo Andrés Toro Mejía

Estos revestimientos pueden ser de alguno de estos tipos:

PESP: polietileno/estanca acero/polietileno, se utiliza en instalaciones por conductos subterráneos de planta externa en los que el cable debe ser protegido contra posibles roedores.

PEAP: polietileno/estanca/polietileno, se utiliza en instalaciones urbanas y en zanjas, es un tipo de cable que está en desuso ya que en su lugar se está utilizando el PKP.

PKP: polietileno/fibras de aramida/polietileno, se utiliza en planta externa por líneas subterráneas o aéreas.

PKCT: polietileno/fibras de aramida/cintas antibalísticas/polietileno, se utiliza en líneas aéreas como cable auto soportado.

PKESP: polietileno/fibras de aramida/estanca acero/polietileno, es utilizado en instalaciones por conductos de líneas subterráneas de planta externa donde se requiere una protección especial contra roedores.

TKT: termoplástico/fibras de aramida/termoplástico, se utiliza en instalaciones en el interior de los edificios en las que se necesite un buen comportamiento contra el fuego.

KT: fibras de aramida/termoplástico, se utiliza en instalaciones en el interior de los edificios en las que se necesite un buen comportamiento contra el fuego.

Existen dos tipos de fibra óptica, según la información que viaja a través de ella:

La fibra mono modo (SMF) tiene la capacidad de propagar un solo haz de luz, su ventaja es que al transportar un solo haz, este, puede llegar más lejos y con una mayor cantidad de datos. Tiene un núcleo de entre 8 y 10 μm de diámetro con un revestimiento de 125 μm .

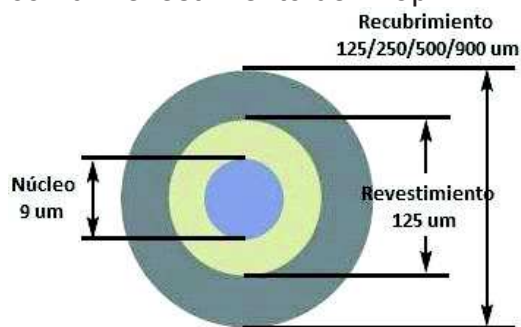


Figura 39. Estructura fibra mono modo.
Fuente: Goolge



Figura 38. Luz dentro de la fibra mono modo. Fuente: Goolge

La fibra multi modo (MMF), permite la circulación de varios haces de luz, debido a que tiene un diámetro mayor que la mono modo, este, suele estar comprendido entre 50 y 62.5 micras, por lo que el acoplamiento de la luz en diferentes modos es más sencillo.

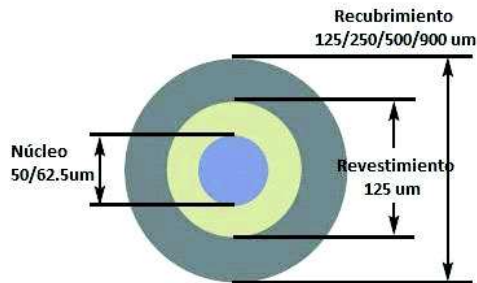


Figura 40. Estructura Cable multi modo. Fuente: Goolge

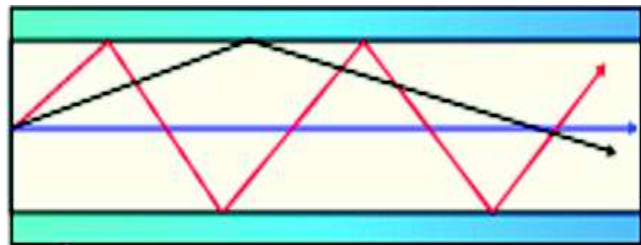


Figura 41. Luz dentro de la fibra multi modo. Fuente: Goolge

Los rayos que viajan a través del núcleo de la fibra reflejándose contra el revestimiento. Como es lógico, este tipo de fibra tiene peores prestaciones que la anterior, ya que posee una velocidad de propagación menor y una atenuación mayor, debida a las reflexiones interiores.

Debido a las ventajas en precio que presenta la fibra mono modo y a la gran capacidad de ancho de banda que tiene esta fibra hacen que sea la fibra adecuada, para realizar este diseño.

Las recomendaciones de la unión internacional de telecomunicaciones para las fibras mono modo se encuentran en la sección ITU-T G.65X.

También existen dos tipos de cable de fibra óptica, según su diseño:

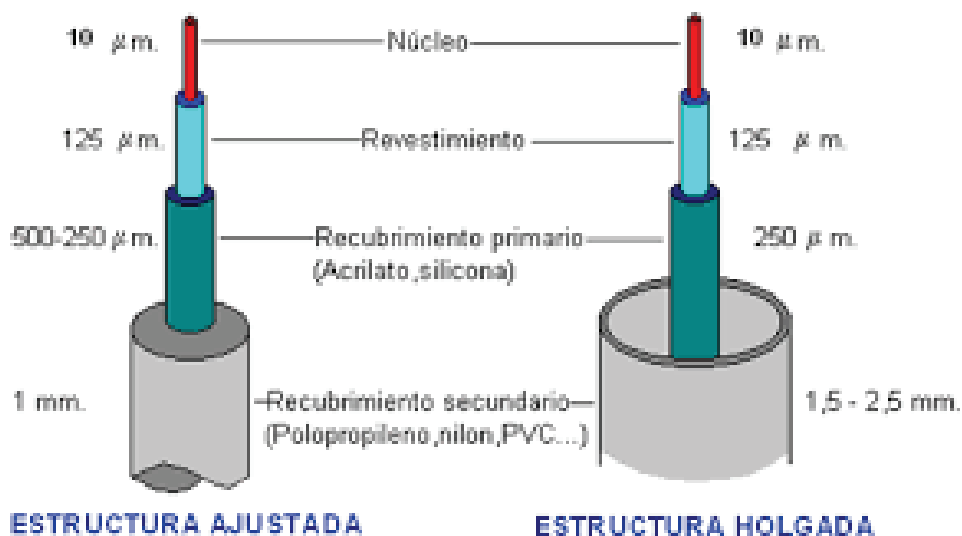


Figura 42. Tipo de cable según su estructura. Fuente: Goolge

Cable de estructura holgada: este cable tiene varios tubos que están rodeados de fibra en la parte central, además tiene una cubierta protectora que se la utiliza para exteriores e interiores. Tiene 2 – 3 mm de diámetro en cada uno de los tubos y estos pueden estar huecos o rellenos de gel hidrófugo para que no penetre el agua. Este tubo es el encargado de aislar la fibra de las fuerzas mecánicas que se ejerzan sobre el cable en el exterior.

Cable de estructura ajustada: contiene varias fibras con protección secundaria cuya cubierta de plástico tiene un diámetro de 900µm y un recubrimiento de 250µm, ha sido diseñado para las diferentes instalaciones del interior de los abonados entre ellos edificios o casas, gracias a la flexibilidad que posee el radio de curvatura es inferior al de los cables anteriormente mencionados.

Los cables de fibra óptica, también se caracterizan por una serie de parámetros que deberán ser constantes a lo largo de la fibra y por otro lado, están los parámetros que variarán según las prestaciones deseadas. Cabe mencionar que la atenuación del cable de fibra óptica, varía de forma no lineal, dependiendo de la longitud de onda a la que se trabaje, estas diferentes atenuaciones son las denominadas ventanas de transmisión.

Los parámetros que deben permanecer constantes, son de dos clases, los constantes geométricos y los constantes ópticos, dentro de los parámetros geométricos tenemos:

Diámetro del núcleo (mono modo: 5-10µm, multi modo: 50µm), diámetro del revestimiento ($125\mu\text{m} \pm 2.4\%$), excentricidad ($< 6\%$), no circularidad del núcleo ($< 6\%$), no circularidad del revestimiento ($< 2\%$).

Y en lo referentes a los parámetros ópticos tenemos:

El perfil de índice de refracción, que sigue la siguiente fórmula $n=c/v$, donde c es la velocidad de la luz en el vacío y v es la velocidad de propagación en el medio, siempre se cumple que $c \geq v$ y $n \geq 1$.

La apertura numérica, este parámetro es el seno del ángulo de aceptación, este ángulo es aquel con el que un rayo puede incidir en la fibra siendo posible su propagación. Da lugar al cono de aceptación que comprende la zona en la que se encontrarán todos los que se propagarán.

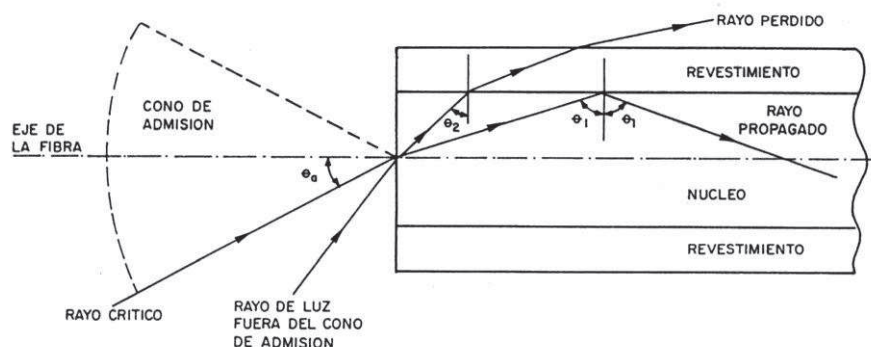


Figura 43. Apertura Numérica. Fuente: Goolge

Los parámetros dinámicos, serían dos: la atenuación, que informa de la pérdida de potencia luminosa de la fibra óptica (se mide en dB/Km). Este parámetro depende de la calidad de la fibra óptica. Y la distorsión temporal, este fenómeno se debe a que la transmisión de señales a través de la fibra óptica está basada en la presencia o ausencia de luz. Los pulsos de luz son señales rectangulares con una amplitud determinada que al propagar se van a sufrir una distorsión por la dispersión temporal que van a provocar un ensanche, pasando a tener la forma de campana de gauss. Para una separación pequeña entre señales consecutivas se puede dar el caso que se interprete como un único pulso.

Como hemos mencionado antes, la atenuación de la fibra cambia con la longitud de onda, lo que da origen a las ventanas de transmisión, pero la atenuación también depende de otros factores, como son las pérdidas por absorción infrarroja y ultravioleta, las pérdidas Rayleigh, ambos factores marcados por la composición de la materia prima. Luego están las pérdidas debidas a impurezas, defectos de fabricación y por la forma de tender el cable.

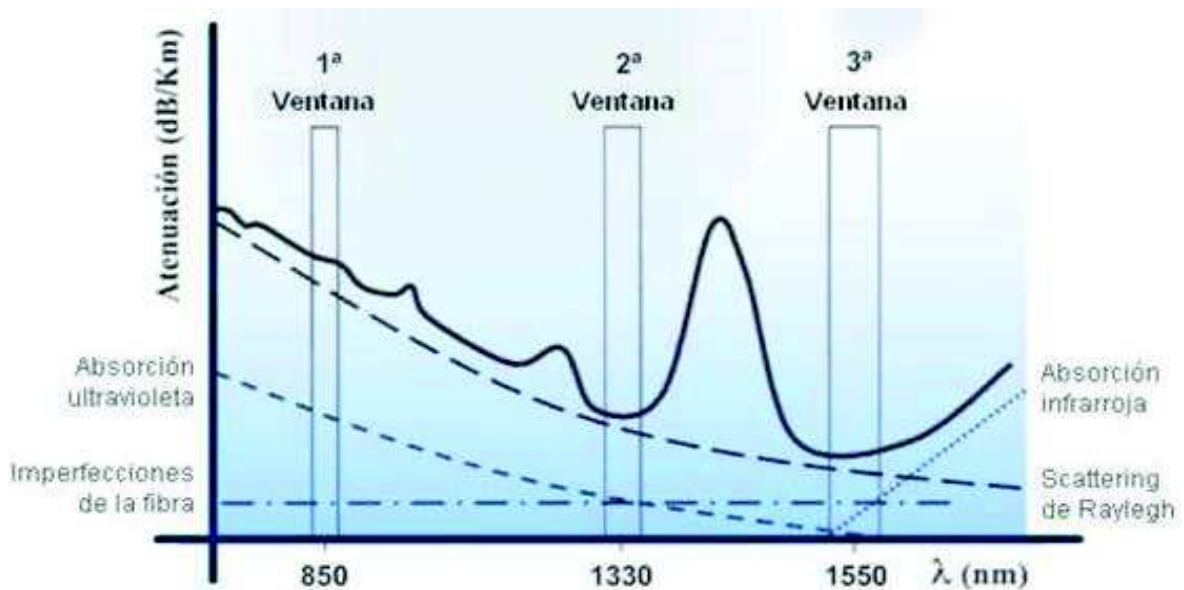


Figura 44. Ventanas de transmisión de la fibra óptica. Fuente: Goolge

2.5.5.3 Amplificadores Ópticos.

Es inevitable que cuando una señal viaja por la fibra óptica entre la OLT y la ONU del suscriptor, sufra atenuación, estas pérdidas son más significativas en los splitters(divisores) que se utilizan en las redes de arquitectura PON. Por ejemplo los divisores con relación 32:1 tienen pérdidas no mayores a los de 15dB, de suceder esto se deberán utilizar amplificadores para compensar las pérdidas. Cada acoplador o divisor tiene rangos típicos de 1.2dB para una relación de 1:4 y 2.0dB para una relación de 1:8. Entonces en un sistema con estos dos divisores se podría alcanzar valores superiores a los antes mencionados, por lo que sería necesario utilizar algún tipo de amplificador óptico.

Los amplificadores más económicos, convenientes y prácticos que están disponibles en el mercado, son los que tienen el principio de funcionamiento EDFA (“Erdium-Doped Fiber Amplifier”), aunque estos amplificadores se pueden utilizar únicamente en el rango comprendido entre los 1530nm hasta los 1560nm. Este tipo de amplificadores están formados por fibra óptica y no por otro tipo de tecnología, como espejos o lentes, que también son utilizados.

La forma en la que estos amplificadores funcionan se muestra en la figura [2.6]. La energía es incrementada debido a los átomos de erbidium que se encuentran dentro una sección de varios metros de este amplificador. Un láser denominado como de “Bombeo”, el cual se encuentra típicamente en una longitud de onda entre los 980-1490nm, excita las impurezas de erbidium con lo cual se produce el incremento de la energía en la señal de interés.

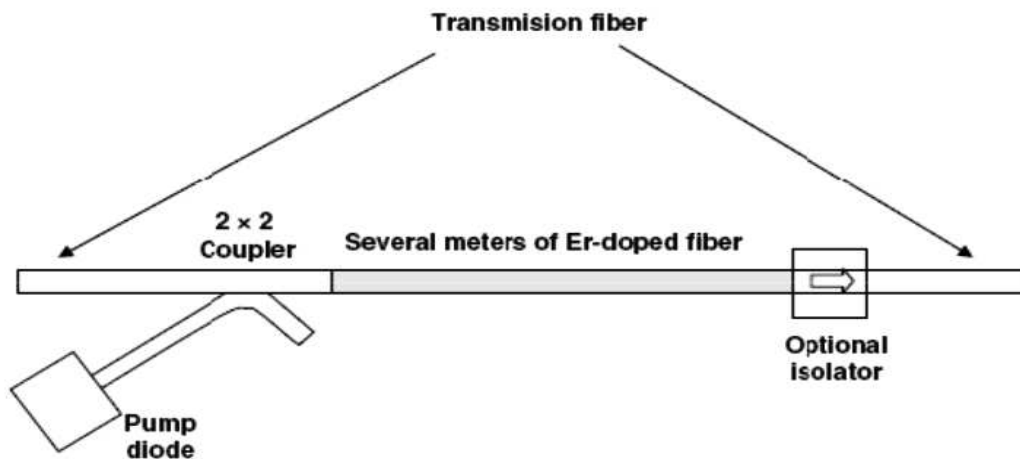


Figura 45. Amplificador óptico de erbidium. Fuente: Goolge

2.5.5.4 Splitter o Divisor Óptico Pasivo.

En sistemas PON, como se ha mencionado anteriormente, en lugar de dispositivos electrónicamente activos, se utilizan divisores, los cuales no necesitan alimentación eléctrica adicional. Se encuentra situado entre la OLT y las ONT, su función principal es de multiplexar (Divisor) y demultiplexar (Acoplador) las señales que ha recibido, además es capaz de combinar potencia permitiendo que: la señal que se accede por el puerto de entrada que viene del OLT se divida entre los múltiples puertos de salida, la señal que es accedida por la salida que proceden de las ONT se combinan en la entrada. Se debe tener en cuenta que a pesar de ser un elemento pasivo que no disipa energía eléctrica, suman una importante atenuación a la señal y por lo tanto, generan costos extras al tener que añadir amplificadores EDFA.



Figura 46. splitter óptico. Fuente: Goolge

Los splitter se caracterizan por las Pérdidas de Inserción (P.I.) y Pérdidas de Retorno (PR).

Existen en la actualidad dos tipos de divisores, los FBT (“fused biconical taper”) y los PLCs (“planar lighthwave components”). Los dispositivos FBT se fabrican enrollando varias fibras entre sí, y luego mientras se calientan, se funden unas con otras, se comprimen, de forma que todas las fibras quedan muy juntas y con un extremo en común. Por otro lado los componentes PLC son fabricados mediante líneas de silicio litográficas sobre un sustrato metálico de silicona, en ambos casos la operación es la misma.

Típicamente los dispositivos FBT tienen relaciones 1:2, 1:3, 1:4, tienen pérdidas de inserción de 0.3dB, una pérdida de retorno de más de 55dB y un rechazo en cada canal de la señal proveniente de otros canales que va desde los 3.6dB hasta los 20dB. Los dispositivos PLC disponibles se encuentran con relaciones de hasta 1:32, pero requieren un acoplamiento entre la fibra y el PLC, tanto en la entrada como en la salida del dispositivo. A continuación se incluye una tabla con los valores típicos de pérdidas de inserción en dB:

Pérdidas de Inserción Splitters

Relación de Split	Pérdida de inserción (dB)
1:2	3,6
1:4	7,2
1:8	11
1:16	14

Figura 47. Pérdidas de inserción según relación de split.
Fuente: Goolge

2.5.5.5 Conectores y Uniones

Muchas formas de conectores de fibras ópticas de un solo hilo han sido desarrolladas en los últimos años mejorando cada vez el costo, la atenuación, la reducción en la pérdida de retorno y los efectos de la supresión de polarización. Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se hallan los siguientes:

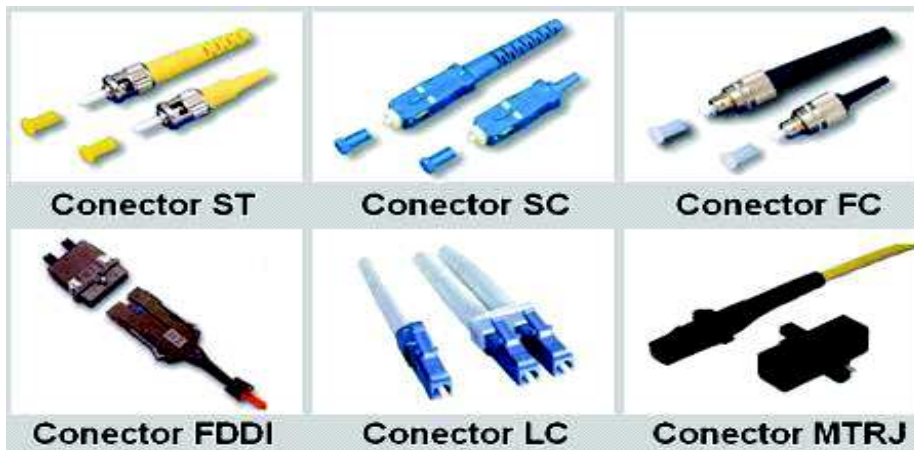


Figura 48. Tipos de conectores. Fuente: Goolge

- ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.
- SC y SC-Dúplex se utilizan para la transmisión de datos.
- FC, que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- FDDI, se usa para redes de fibra óptica.
- LC y MT-Array que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.

Los conectores de fibra óptica tienen varios problemas que hacen que la opción de fusionar la fibra sea la más adecuada, cuando sea posible utilizar ésta. No solo que los costos de los conectores son mucho mayores, sino que las pérdidas son mayores que al realizar la fusión.

Existen dos clases de uniones para la fibra óptica, la unión mecánica y la fusión de la misma. La unión mecánica tiene varias configuraciones geométricas que tienen como fin el unir con la mayor precisión a los ejes de la fibra, confinándola dentro de la unión con adhesivo de epoxi. La unión de la fibra mediante fusión, por otra parte, es permanente y se hace con dispositivos especiales que funden el sílice del que la fibra está hecha, haciendo una soldadura con una pérdida muy baja de entre 0.02 y 0.04dB frente a los 0.4 o 0.8dB que se tiene con el uso de uniones mecánicas, las cuales; sí se pueden

tener en una cinta multifibra a diferencia de los conectores

- Empalme mecánico: No necesita equipos caros, es sencillo, reutilizable pero por el contrario es inestable y con altas pérdidas.

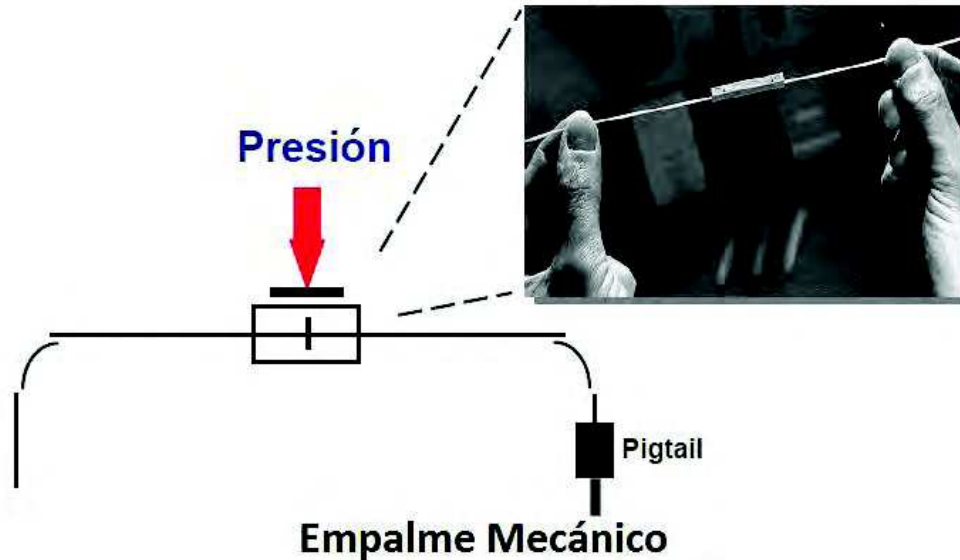


Figura 49. Empalme mecánico. Fuente: Goolge

- Empalme por fusión: Es una unión permanente, estable y con bajas pérdidas, lo único es que se necesita una maquina especial, la fusionadora o máquina de empalme, que suele tener un precio elevado, pero cada vez menor.

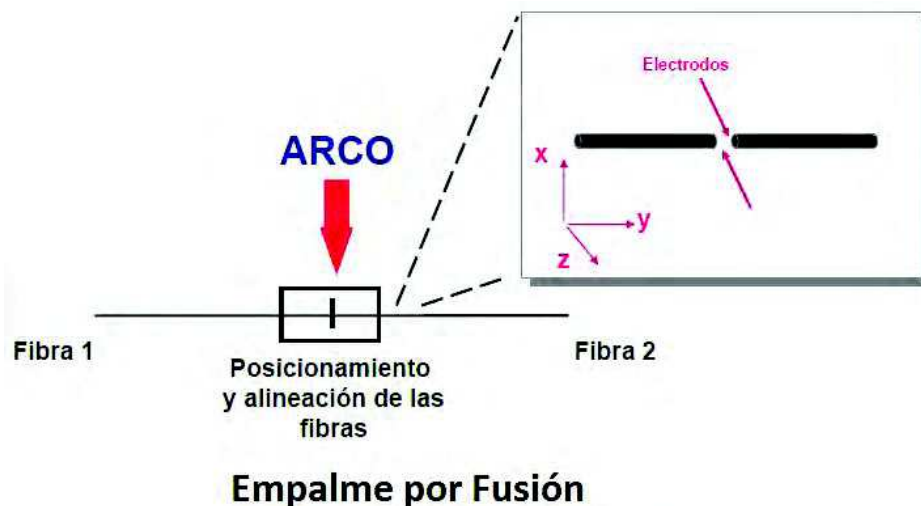


Figura 50. Empalme por fusion. Fuente: Goolge

2.5.5.6 ONT (Optical Network Terminal)

Las ONT son los elementos encargados de recibir y filtrar la información destinada a un usuario determinado procedente de un OLT. También es el punto donde se realiza la conversión de las señales ópticas a eléctricas. Además, de recibir a información y dársela al usuario en un formato adecuado, cumple la función inversa. Es decir, encapsula la información procedente de un usuario y la envía en dirección al OLT de cabecera, para que éste la redireccione a la red correspondiente. Normalmente se encuentran instalados en los hogares junto a la roseta óptica.

Según los servicios e interfaces que se quieran ofrecer existen gran variedad de ONT's entre ellas tenemos tres:

1. Interfaces de Fast-Ethernet estas alcanzan velocidades hasta 100Mbps, ofreciendo servicios de TV e Internet a los usuarios residenciales.
2. Debido a que se utiliza fibra óptica la Interfaces de Gigabit Ethernet tiende a superar velocidades hasta de 1Gbps mediante los cuales se puede dar servicio óptimo a empresas.
3. Interfaces E1 o STM-1 estos son específicos para dar servicios a empresas.

Según su función existen dos tipos de ONT:

1. H-OLT: ONT del Hogar (Home ONT) se encarga de dar servicio directamente a un usuario específico y se instala dentro del hogar en redes FTTH.
2. B-ONT: ONT de edificio (Building ONT) su función es de dar servicios a diferentes usuarios que se encuentran conectados a él, a través de un repartidor, se instala en los cuartos de comunicación de los edificios o empresas en redes FTTB.

Capítulo 3. Estudio de mercado

Para la implementación y construcción de redes FTTH, se requieren unos datos iniciales, tales como: la tasa de penetración y la previsión de demanda a largo plazo. En otras palabras, se debe realizar un estudio de mercado para saber si es factible la realización del proyecto. A continuación realizaremos este estudio de mercado, basándonos en el Boletín Trimestral de las TIC, publicado por el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones del gobierno de Colombia el 2 de diciembre de 2015.

Para empezar primero debemos mencionar cuantos suscriptores a internet fijo dedicado hay en el país, para después escoger la ciudad que más adecuada y esta el barrio que creamos oportuno, según nos interese.

Al finalizar el segundo trimestre de 2015, el número de suscriptores a Internet fijo dedicado alcanzó un total de 5.349.118 suscriptores, lo que representa un incremento absoluto de 132.678 suscriptores con relación a la cifra presentada en el trimestre inmediatamente anterior, y de 532.157 nuevos suscriptores con referencia al segundo trimestre de 2014.

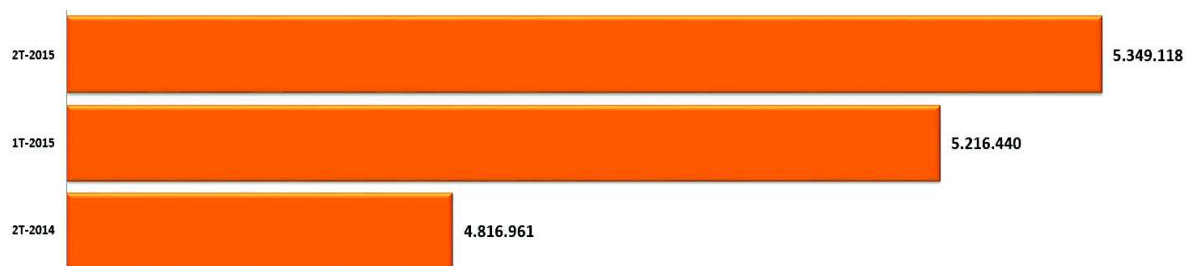
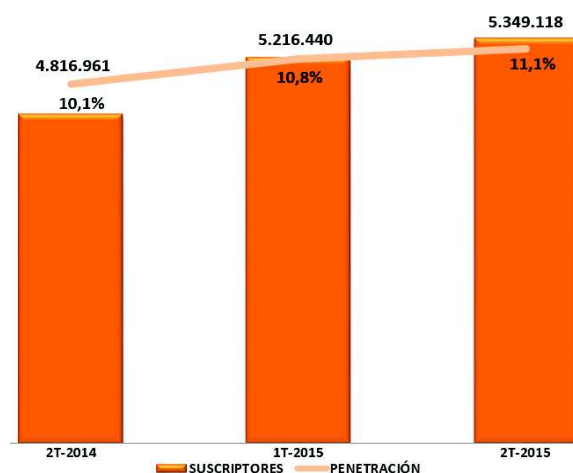


Figura 51. Suscriptores por trimestre. Fuente: MINTIC

Al término del segundo trimestre de 2015, el servicio de acceso fijo dedicado a Internet, presenta un índice de penetración del 11,1%, es decir, presentó un aumento de un punto porcentual con relación al índice de penetración del segundo trimestre del año 2014.

Como podemos ver en el gráfico, la penetración de internet fijo dedicado ha aumentado trimestre tras trimestre, dato que indica que cada vez hay más clientes potenciales en el país.



Si

ahora

Figura 52. Penetración de internet. Fuente: MINTIC

prestamos

atención a la penetración de internet en cada departamento, observamos, según el informe de las TIC, que los departamentos que van en cabeza son: Bogotá D.C. con una penetración de 19.9%, seguido por el departamento de Antioquia (14,5%), y los departamentos de Santander y Risaralda con un penetración del 14,0% respectivamente. Estos serán los 4 departamentos que estudiaremos para escoger una ciudad de alguno de ellos.

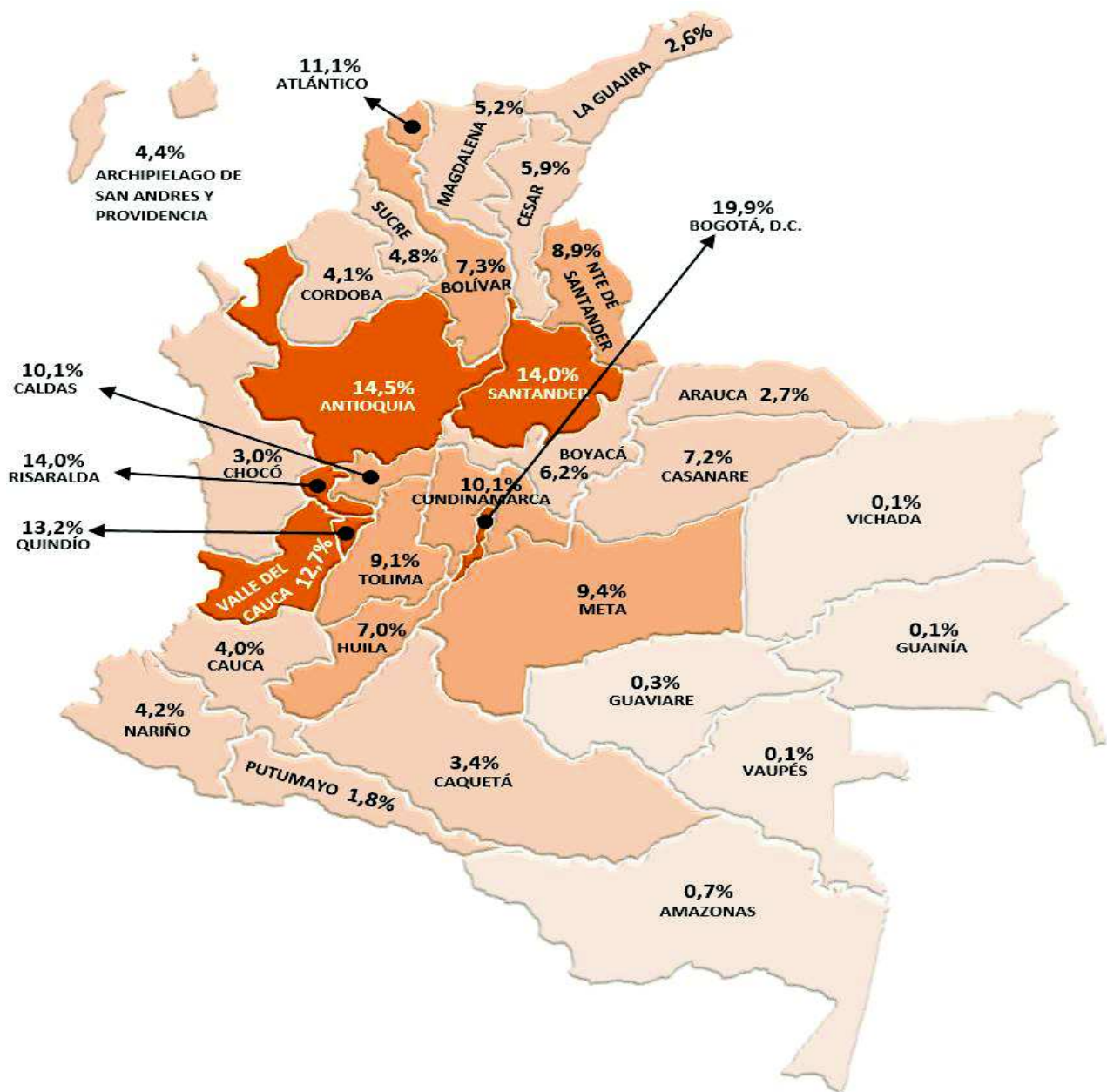


Figura 53. Penetración de internet en el país. Fuente: MINTIC

Ahora pasamos a analizar las diferentes tecnologías de acceso a internet que tienen los 5.349.118 suscriptores, para hacernos una idea de cuantos están utilizando tecnologías relativamente antiguas y cuales están utilizando nuevas formas de acceso a internet.

También analizaremos las velocidades de subida y bajada de los suscriptores.

Al término del segundo trimestre de 2015, el mayor número de suscriptores a Internet fijo dedicado acceden mediante la tecnología Cable con 2.514.613 suscriptores, seguida por la tecnología xDSL con 2.504.359 suscriptores, Fibra Óptica con 111.384 suscriptores y otras tecnologías con 216.762 suscriptores.

En el gráfico podemos ver que aún hay muchos suscriptores que están accediendo a internet a través de tecnologías relativamente antiguas, como son el cable de cobre y el xDSL, en cambio pocos usuarios se decantan por la fibra óptica pese a que esta presenta unas prestaciones muy superiores. Pese a estos datos que podrían hacernos pensar que no hay mercado para la fibra óptica, hay que decir que esto no es así, ya que la fibra se acabara imponiendo al cable de cobre y a la tecnología xDSL, esto lo podemos apreciar

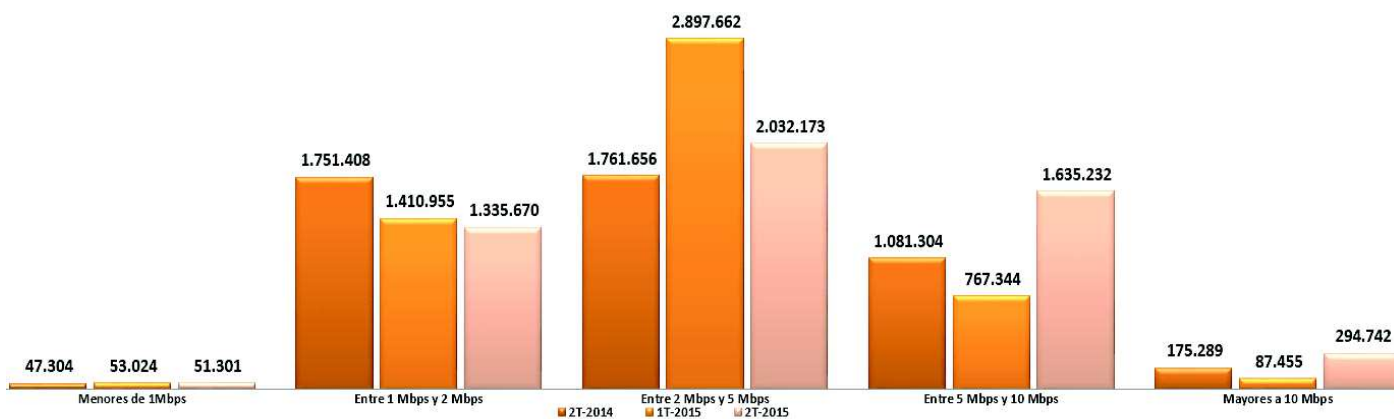


Figura 54. Tipo de acceso a internet. Fuente: MINTIC

En el siguiente gráfico que nos muestra que la tecnología de acceso a internet fijo dedicado por fibra óptica presenta una variación porcentual de 32.4%, una variación mucho mayor que las otras, aunque en el gráfico anterior también se puede ver que el número de usuarios de fibra va en aumento trimestre a trimestre.

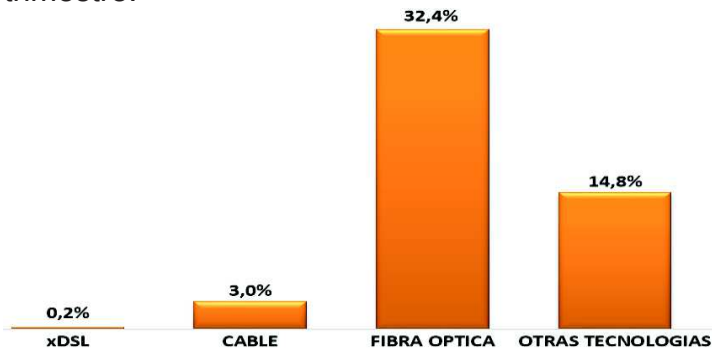


Figura 55. Incremento de acceso a internet por tecnología. Fuente: MINTIC

Podemos observar que la velocidad de entre 2Mbps y 5Mbps sufrió una bajada de demanda importante de un trimestre a otro, en cambio las velocidades de entre 5 y 10 Mbps y superiores a 10Mbps han aumentado considerablemente, esto deja patente que cada vez más, los suscriptores necesitan velocidades mayores para cubrir sus necesidades, velocidad que solo puede aportar la fibra óptica con una buena calidad de servicio.

Un dato importante, es saber que parte de los suscriptores corresponden a corporaciones, y que parte es residencial, esto lo podemos observar en el siguiente gráfico.

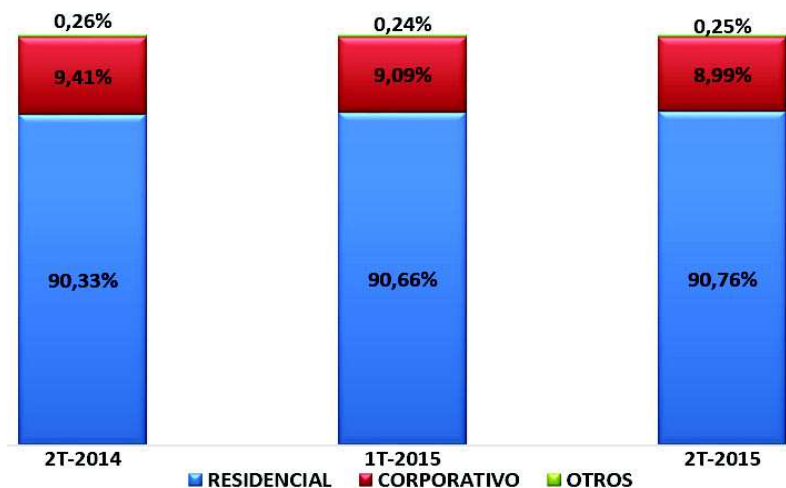


Figura 56. Tipos de suscriptores. Fuente: MINTIC

Otro dato a tener en cuenta, es el poder adquisitivo de los suscriptores, esto lo podemos saber dividiendo a la población en estratos, siendo 1 el estrato más desfavorecido y 5-6 el más adinerado. En el siguiente gráfico podemos observar esta información de forma clara.

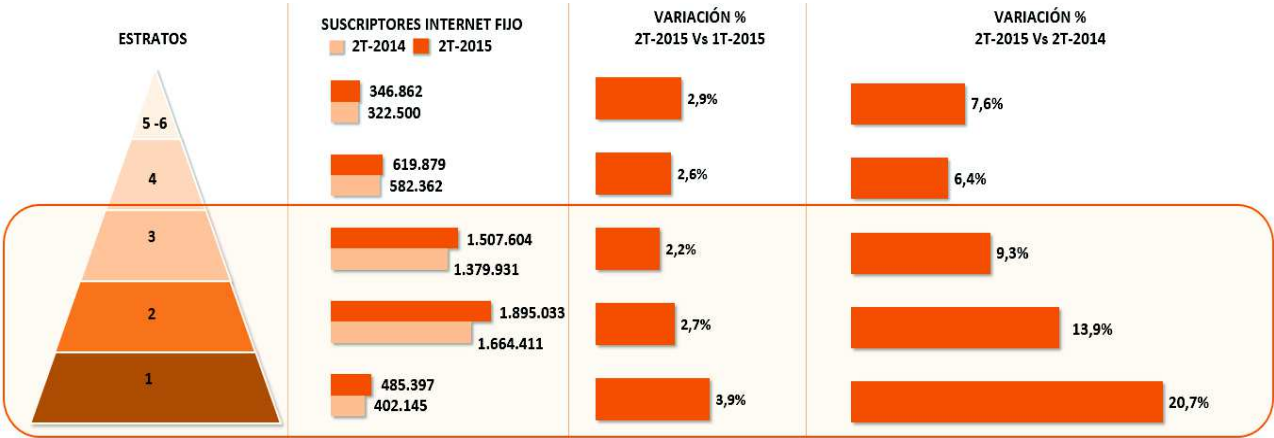


Figura 57. poder adquisitivo de los suscriptores. Fuente: MINTIC

El gráfico nos muestra como los estratos 1,2 y 3 han sido los que mayor incremento han tenido en la contratación de servicios de internet. Esta información nos ayudara a escoger la zona de la ciudad en la que deseamos iniciar la construcción de la red.

Ahora observaremos los diferentes rankings de penetración de internet para de esta forma y con los datos anteriores, escoger una ciudad y una zona o barrio de esta.

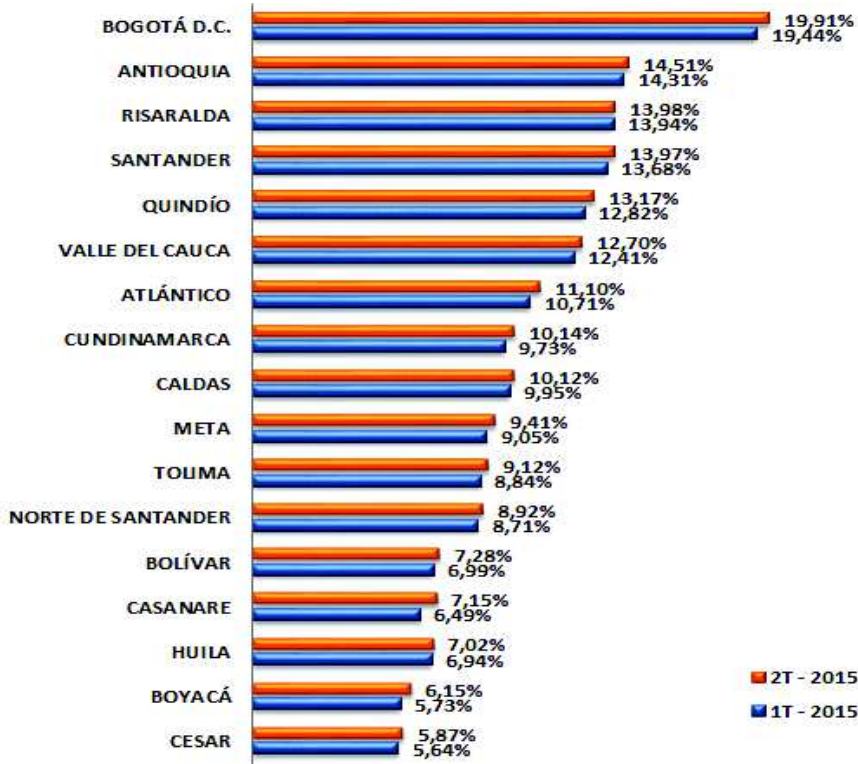


Figura 58. Ranking de penetración de internet. Fuente: MINTIC

De este ranking nos fijaremos en los 4 primeros departamentos, ya que son los que tienen el mayor índice de penetración del país para después, observar cuales son las ciudades de cada uno de ellos que tienen mayor índice de penetración de internet.

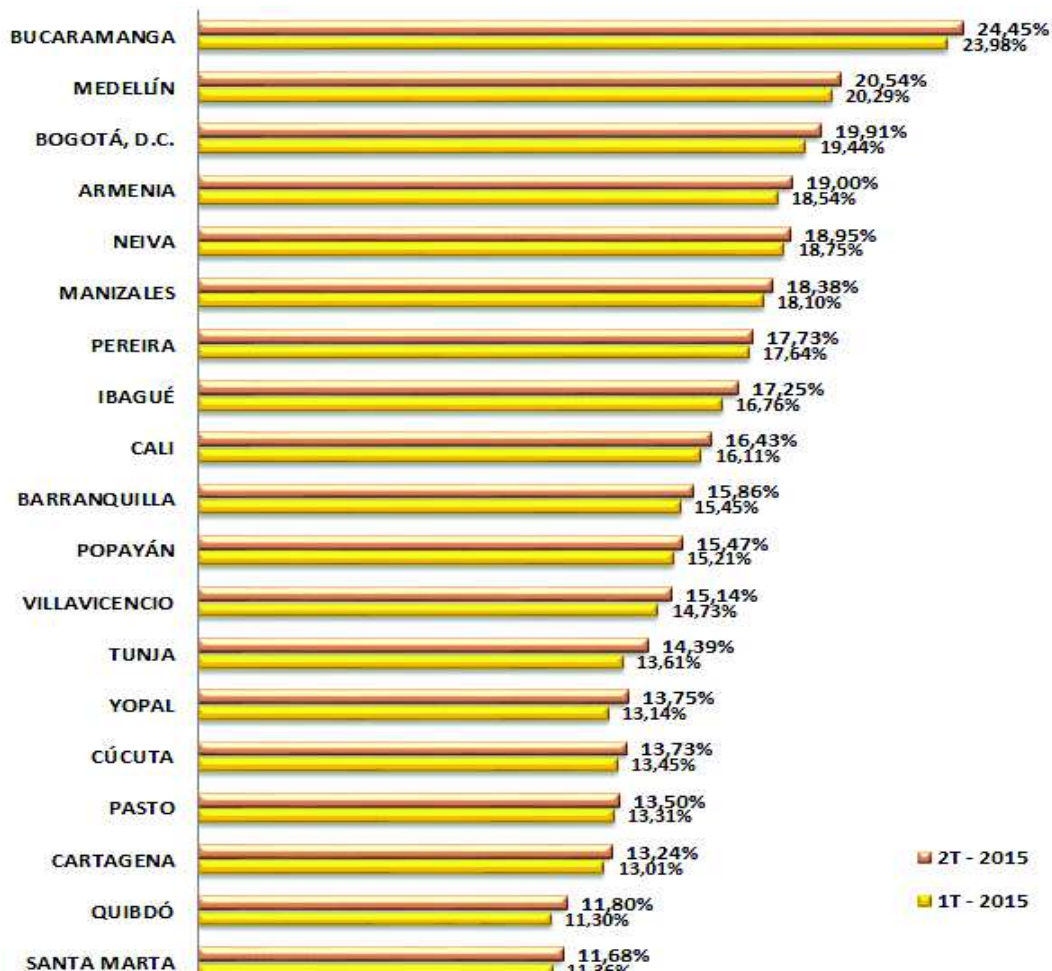


Figura 59. Ranking de penetración de internet. Fuente: MINTIC

Podemos observar, que de los 4 departamentos que escogimos en el ranking anterior, la capital que tiene mayor penetración es Bucaramanga, liderando el ranking con un 24.45%, pese a que en el ranking departamental, Santander, está en cuarto lugar.

Gracias a estos datos, podemos escoger una ciudad para emprender el proyecto, la ciudad escogida es Bucaramanga, ya que es la que tiene la mayor penetración de internet de todas las capitales del país.

Pero la red que vamos a crear, no es para toda la ciudad, tan solo es para una zona limitada, con posibilidad de expandirse más allá de la zona inicial, dependiendo de la demanda futura. Entonces, la pregunta es, ¿qué zona deberíamos escoger?

Llegados a este punto, debemos decir que por desgracia, el internet de banda ancha y por tanto la fibra óptica también, hoy en día, es un producto de lujo en

Colombia, lo cual hace que, por ahora, las empresas empiecen a tender sus redes en las zonas con mayor poder adquisitivo de las ciudades del país Cafetero, como son las de estrato 4, 5 y 6 por que en estas zonas es donde la población se podrían permitir las servicios de triple play que se pretenden brindar con esta red FTTH, pese a que hay menos usuarios que en las zonas de estratos inferiores.

Más allá del incremento sustancial en el número de usuarios de internet, está el aumento de la necesidad de un mayor ancho de banda. Esta tendencia es mucho mayor al crecimiento en usuarios, debido a los servicios que se ofertan y que requieren un ancho de banda mucho mayor. Video de alta definición, juegos de video, video conferencias y otras, son las aplicaciones que los usuarios de internet demandan en la actualidad y que consideran aplicaciones de internet rutinarias y en algunos caso indispensables.

La zona escogida para llevar a cabo el proyecto, es el barrio Campestre una zona de estrato 6, es decir una de las ricas de la ciudad. Es un área que posee alrededor de 33.000 habitantes por lo que hay muchos usuarios potenciales en el caso de que la red se expandiese en el futuro, que seguramente es lo que acabara pasando.

A continuación se muestran varios mapas de la ciudad de Bucaramanga, dividida por estratos, y que se han utilizado junto con los demás datos para escoger el barrio de Campestre.

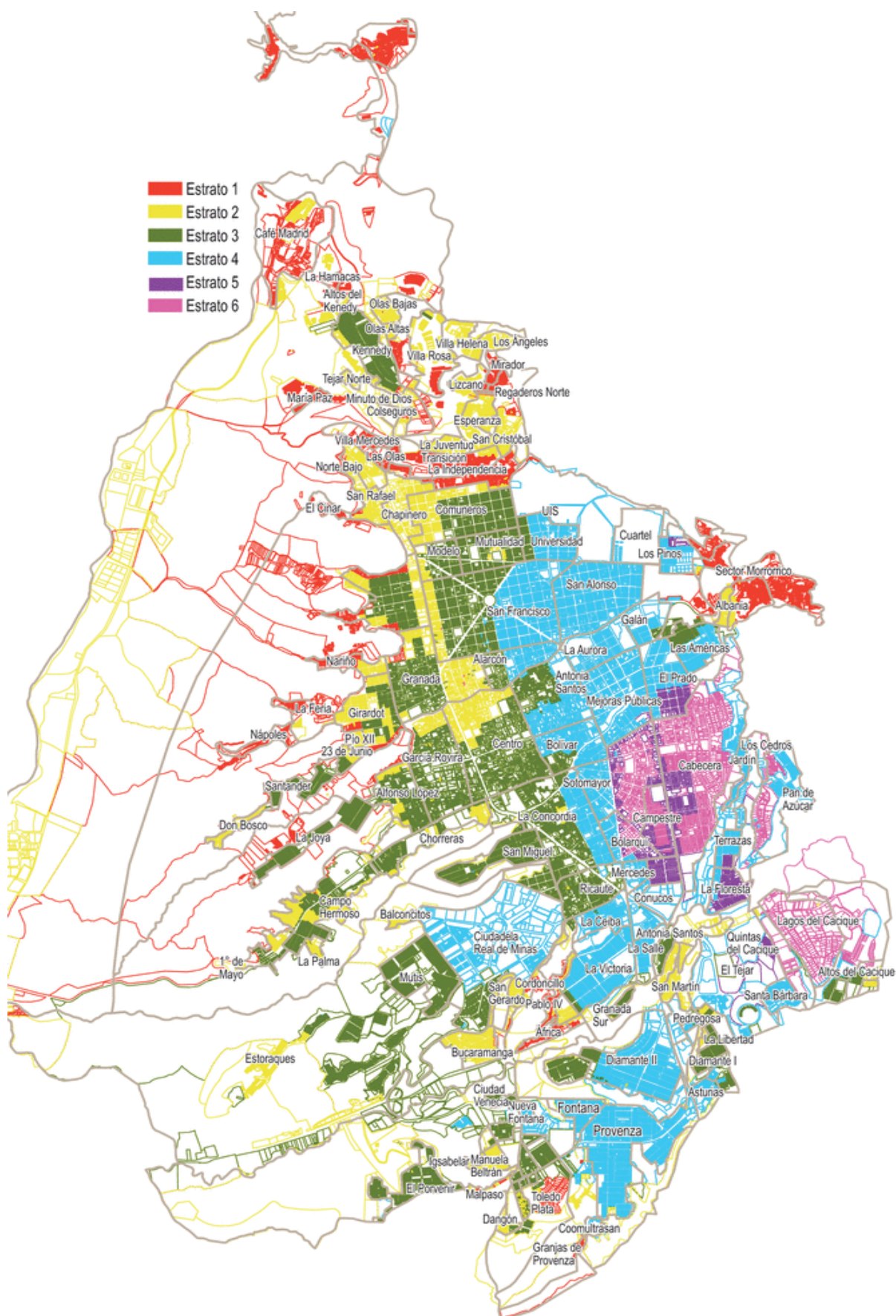


Figura 60. Bucaramanga según poder económico(estratos). Ranking de penetración de internet.
Fuente: MINTIC

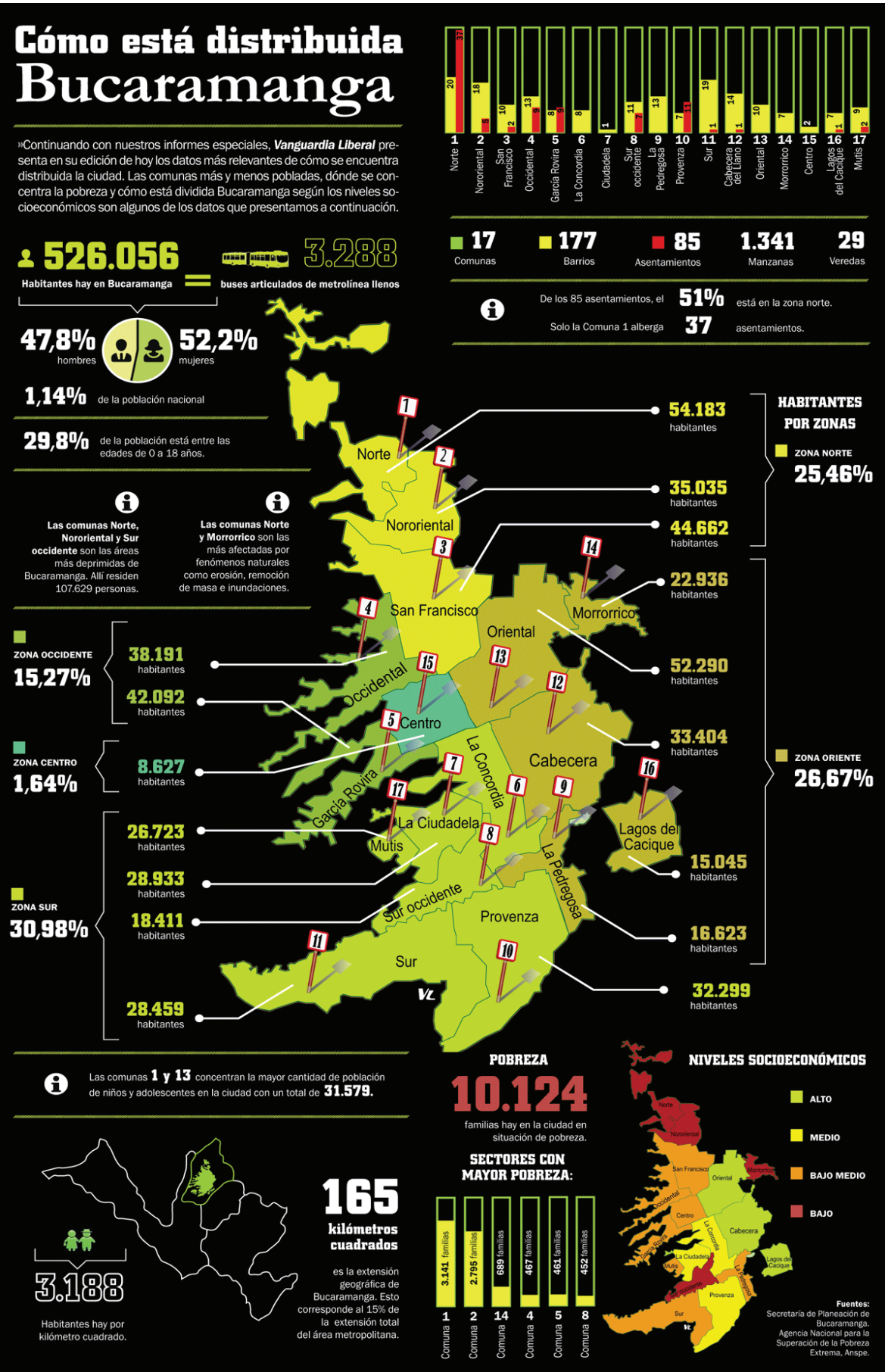


Figura 61. Distribución demográfica de Bucaramanga. Ranking de penetración de internet.

Capítulo 4. Diseño de la red FTTH

4.1 Diseño de la red.

En este capítulo se mostrara el diseño de la red, tipo de topología y la ubicación de los elementos para la zona escogida, adaptándose a las necesidades y requerimientos de mi proyecto.

Para el diseño de la red utilice la normativa ITU-T G984 que es la encargada de la red óptica pasiva que soporta anchos de bandas hasta de 2,4Gbps. Para realizar el diseño de la red, primero se debe realizar lo siguiente

- Tipo de red que se empleara en el diseño
- Tipo de topología de la red
- Tipo de fibra
- Ubicar los splitters
- Ubicar las ONTs
- Topología que se emplea en la red
- Tipo de cable a utilizar
- Ubicación de los equipos

4.1.1 Tipo de red que se empleara en el diseño

Gracias a que la fibra óptica tiene una gran capacidad, hasta 2,4Gbs, podremos ofrecer un servicio Triple Play (voz, video, datos) a los vecinos de cabecera del llano que se conecten a nuestra red. Como ya mencionamos anteriormente, la arquitectura que mejor se adapta a nuestras necesidades es FTTH, ya que no requiere el uso de equipos activos, tan solo los que están ubicados en los extremos de la OND, esto hace que sea una arquitectura sencilla, con bajo riesgo de fallo y un mantenimiento escaso.

El nivel de división que se empleara será en dos niveles, el primero será de 1x2 y se realizara en la Oficina central, el siguiente sera de 1x16.

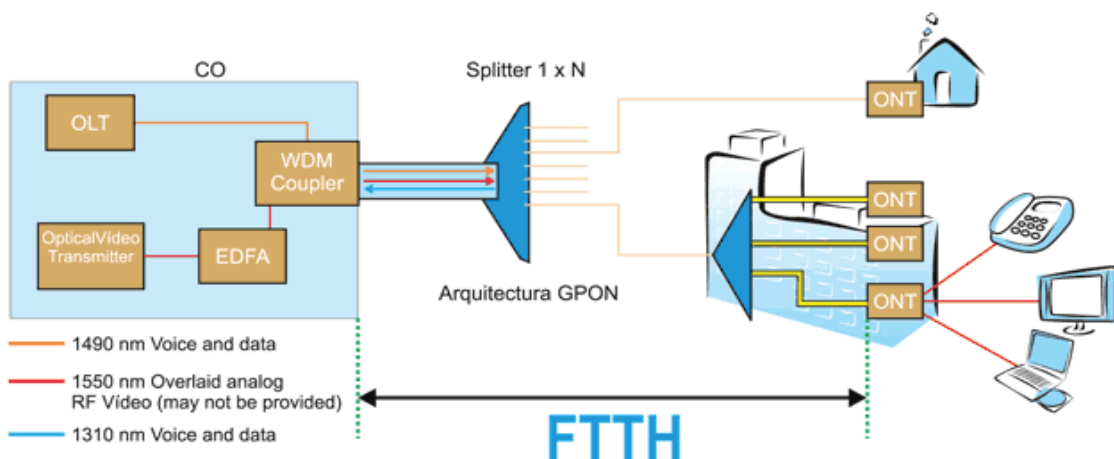


Figura 62. Red FTTH. Fuente: Google

4.1.2 Topología de la red.

4.1.2.1 Topología de Árbol.

El tipo de topología que voy a utilizar en mi diseño es la de árbol ya que esta me permite usar varias conexiones en el nodo central (OLT) y de ahí al ODF (Optical Distribution Frame) que contiene los splitters principales para hacer la primera división para después enviar la señal a los splitters secundarios situados en el interior de las CTOs y finalmente a las ONTs, pasando por la roseta óptica.

4.1.2.2 Ancho de banda

De acuerdo a las normativas UIT-T G984 y G652 que se utilizaron para el diseño de la red, las cuales indican que el ancho de banda necesario para los servicios Triple Play de la Red GPON, es de 2,4Gbs

4.1.2.3 Longitud de de onda

En la Figura siguiente se puede observar la longitud de onda asignada para redes PON de acuerdo a ITU-T G983.3, la OLT tiene una transmisión de bajada de voz y datos de subida en la longitud de onda de 1490nm, mientras que la ONT usa la longitud de onda de 1550nm que es para voz y datos de subida. Por medio de WDM se puede transmitir de manera bidireccional sin que haya interferencia en una misma fibra, además en la figura se observan las longitudes de onda de CWDM, DWDM, WWDM PON con sus respectivos nombres y rangos.

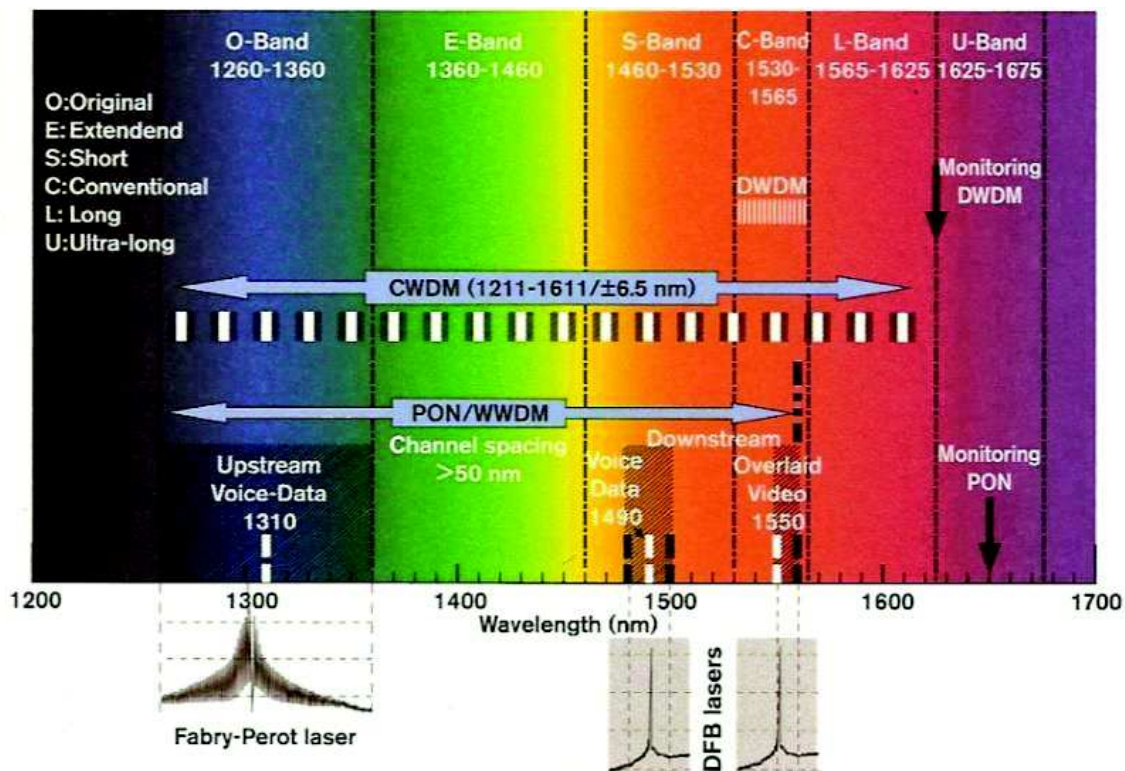


Figura 63. Ventanas de trasmisión. Fuente: Google

4.2 DISEÑO DISTRIBUTIVO DE LA RED

4.2.1 criterios de creación de la red.

A la hora de empezar a diseñar se han seguido una serie de criterios para su implementación. Estos criterios son los siguientes:

- Emplear una topología de árbol
- Evitar la realización de obras civiles y de esta forma aprovechar al máximo las estructuras existentes.
- Priorizar el tendido aéreo, ya que la red de cobre a la que sustituye esta red, esta cantidad de esta forma.
- Se utilizará siempre el cable de máxima capacidad.
- El área de cobertura se dividirá en sectores, concretamente en 8, cada uno de ellos correspondiéndose con una manzana.
- Para estimar la cantidad de fibras que necesita cada área, se empleara Google maps, ya que el software da la opción de recorrer las calles una a una y de esta forma hacer una aproximación lo más realista del número de habitantes por manzana.
- Se evitara el uso de armarios en la calle, para facilitar la implementación.
- Si no se lleva a cabo el desarrollo de alguna rama en el momento de realizar el despliegue la fibra de arrastre se dejará en punta en la caja de empalme que corresponda para permitir su desarrollo futuro.
- La división final, se realizara dentro de las CTOs, y será de una relación 1:16.
- La conexión de la OLT, se hará siguiendo el supuesto de que el nodo estará situado en una avenida principal, cercana a la zona donde tendremos nuestra red. Este supuesto se hace por que no se ha podido averiguar la situación real de dicho nodo, ya que esta información suele ser secreta por motivos de seguridad, y de esta forma proteger a la redes contra posibles ataques y sabotajes. Luego a la hora de implementar esta condición en la realidad, lo único que cambiaría sería que habría más metros de cable desde el nodo de servicio hasta la OLT, factor que no influirá demasiado en los cálculos realizados, ya que solo habría que añadir un amplificador óptico en el caso que fuera necesario y añadir más metros de cable. Entonces el diseño seguirá estas suposiciones en todo momento.

La oficina central estará situada en la sede de la empresa tele Bucaramanga, empresa dedicada a telecomunicaciones y con la que se pretende llegar a un acuerdo para albergar en su interior los equipos de cabecera.

La idea es realizar la conexión al nodo que suministrara internet y llevar ese cable hasta la OLT situada en las oficinas de tele Bucaramanga. Y allí realizar la primera división (1:2), para finalmente tirar los dos cables troncales, tal y como se puede ver en el siguiente mapa:



Figura 64. Plano de distribución. Fuente: Propia

La estrella situada en la Carrera 27, representa donde está la hipotética conexión de la OLT con el suministrador de Internet, dependiendo de la potencia suministrada por este, es posible que fuera necesario un amplificador óptico, para suplir la caída de potencia, aun así es muy probable que no sea necesario ya que la distancia que ha de recorrer el cable no llega a las 400m.

4.2.2 diseño distributivo de la red

El diseño distributivo de la red está basado en la normativa ITU- T G.984 para redes ópticas pasivas.

Para el diseño completo de la distribución de la red se utilizó el programa Auto Cad 2017 en dos dimensiones, en la figura que viene a continuación se puede observar donde están situados los diferentes elementos necesarios para la distribución de la fibra:

- Postes eléctricos de la zona (puntos amarillos)
- CTOs(cuadrados naranjas)
- Caja de empalme(cuadrado azul)
- Cable PKP-32 (línea roja)
- Cable pkp-8 (línea verde)
- Cable de conexión entre el nodo de servicio y la OLT (línea amarilla).
- Oficina central (triángulo rojo)

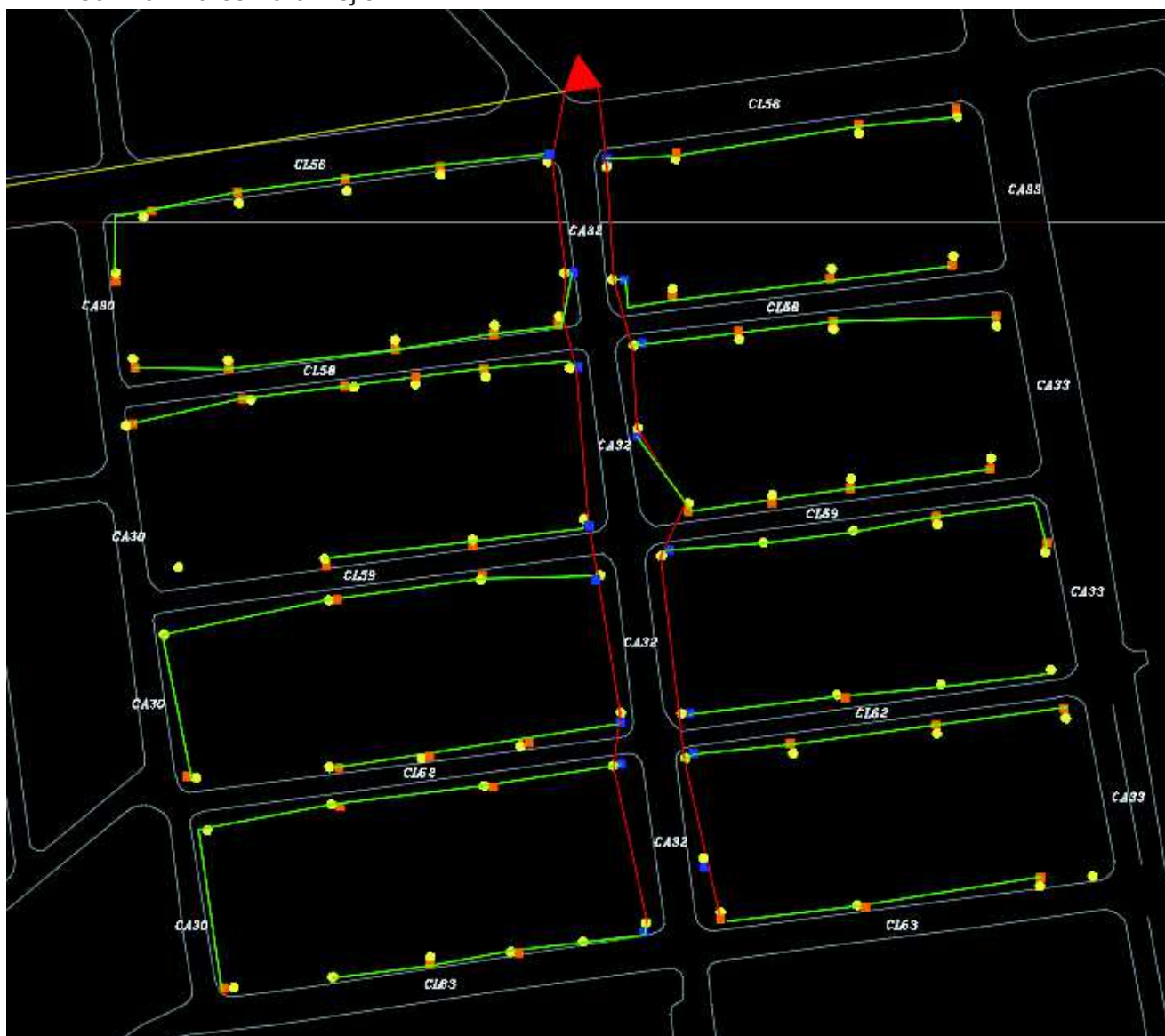
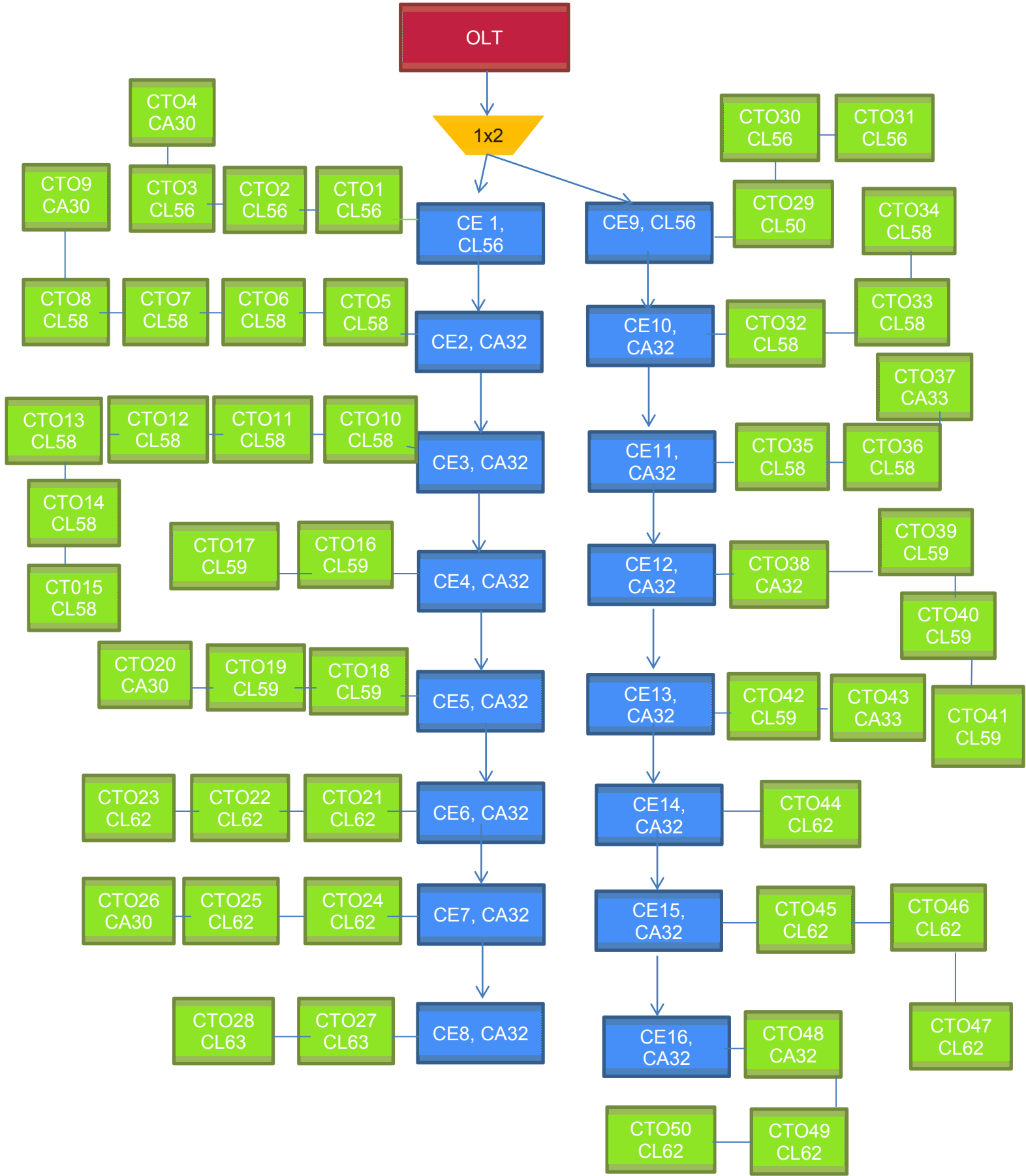
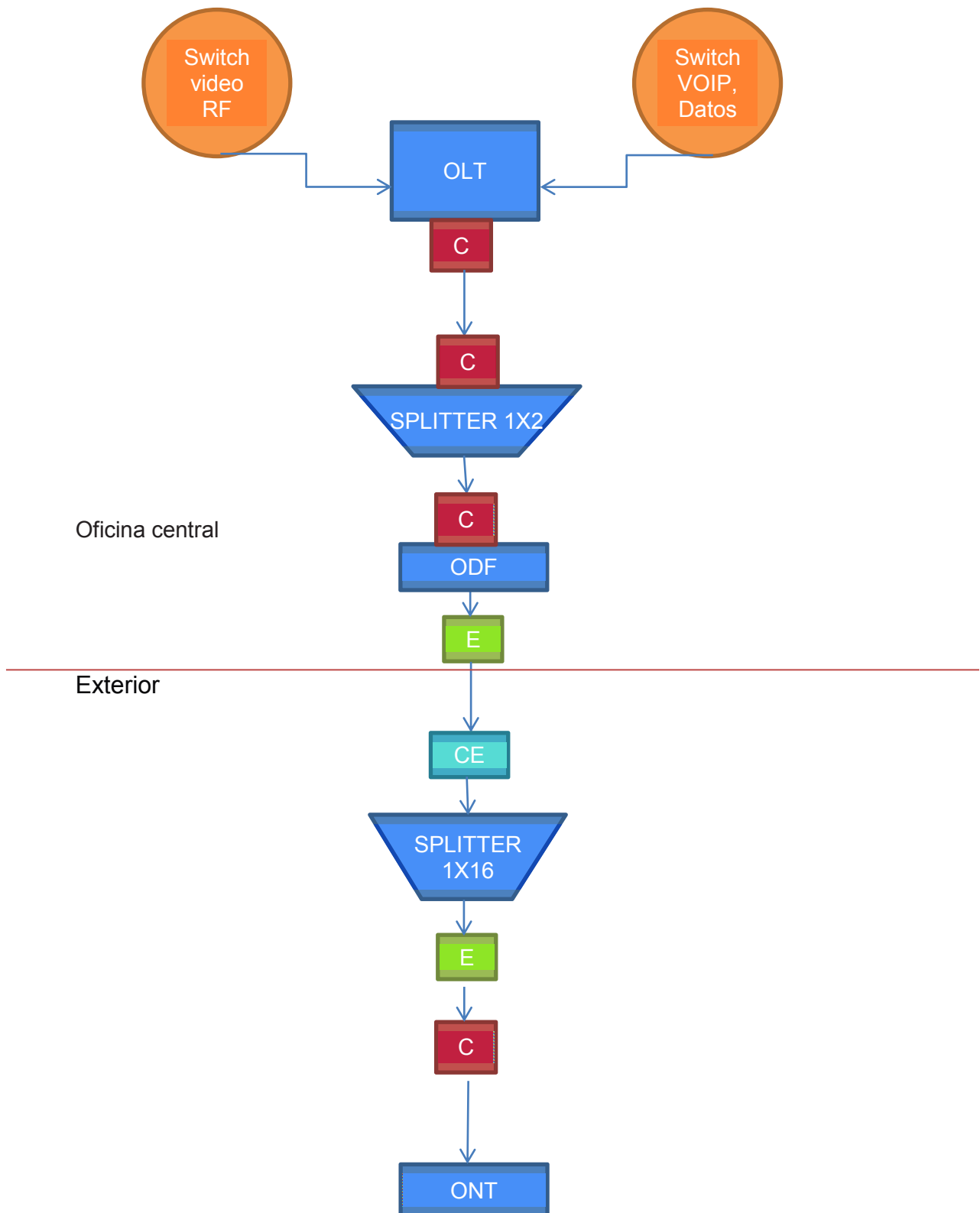


Figura 65. Plano distributivo de la red. Fuente: Propia



4.2.3 Diagrama de elementos constructivos



4.3 Cálculos pertinentes del diseño

4.3.1 Cálculos para el enlace

4.3.1.1 Ventanas de transmisión para la fibra óptica.

La información se desplaza a través de la fibra óptica en forma de haz e luz, con una longitud de onda determinada. Dependiendo del tipo de fibra, si es mono modo o multi modo, del tipo de equipo óptico que se tenga para transmitir la señal, la fibra se encontrara funcionando en una ventana determinada, estas ventanas se utilizan para determinar las propiedades de cada uno de los segmentos de luz dentro del espectro lumínico donde se encuentre, de estas propiedades también va a depender la perdida de luz en el camino, por eso se debe definir la ventana o las ventanas, en las que la fibra óptica y los equipos de la red GPON, trabajaran de la mejor forma posible.

Los equipos que se utilizaran en esta red GPON y la fibra óptica mono modo, trabajaran en la segunda ventana para transmitir y recibir la VoIP y los datos del tráfico de internet, también en la tercera ventana para ofrecer IPTV y de esta forma poder ofrecer el servicio triple play.

Ventana	Rango de longitud de onda(λ)	λ
Primera	800nm-900nm	
Segunda	1250nm-1350nm	1310nm uplink 1490nm downlink
Tercera	1500nm-1600nm	1550nm

Figura 66. Ventanas de transmisión utilizadas. Fuente: Propia

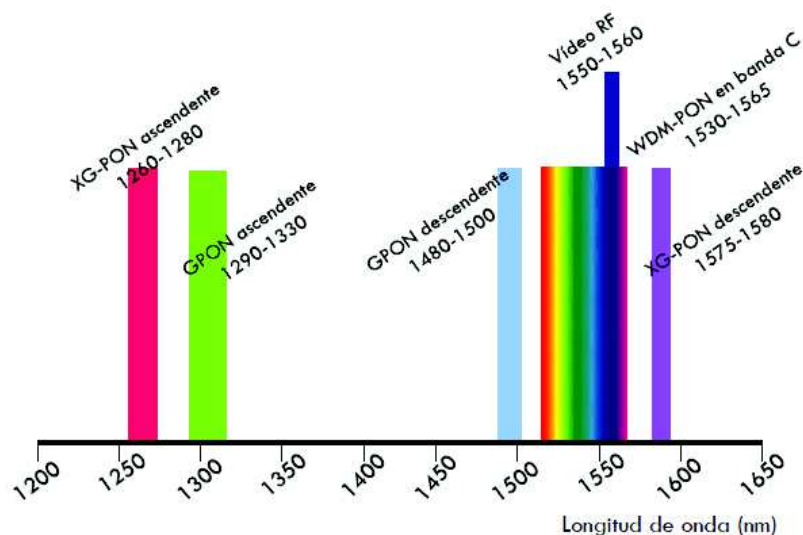


Figura 67. Ventanas de transmisión. Fuente: Google

4.3.1.2 Atenuación

La atenuación se define como la pérdida de potencia de una señal al desplazarse esta por un medio de transmisión, en este caso fibra óptica. Esta pérdida de potencia, se expresa en una unidad logarítmica, los Decibelios [dB] y en Decibelios por Kilometro [dB/Km]. Dentro de las consideraciones que se tienen para el cálculo de la atenuación, están algunas como la composición del sílice de la fibra óptica, las impurezas que tiene y otros aspectos referentes a la fibra que se va a utilizar, en nuestro caso no abordaremos estos aspectos a la hora de calcular la atenuación. Por otro lado, hay otros aspectos importantes, como son los conectores, los empalmes, los splitters y los otros elementos que forman la red GPON y que no sean elementos regeneradores de señal, como los amplificadores ópticos mencionados anteriormente. Estos son los aspectos que utilizaremos para el cálculo de la atenuación en nuestra red FTTH. Además también están las curvaturas exageradas y las variaciones de temperatura, aspectos que también añaden atenuación.

4.3.1.3 Coeficiente de atenuación.

Las normas del ITU definen de forma clara que se debe especificar un valor máximo para la atenuación que se tendrán en las diferentes longitudes de onda, en nuestro caso 3, sin que estas rebasen el límite establecido por esta entidad reguladora. A continuación se realizarán los cálculos, donde se toma en consideración las recomendaciones de la ITU y los elementos que forman la red con sus respectivas atenuaciones

4.3.1.4 Cálculo de atenuación para el mejor y peor Caso del enlace.

Para calcular la atenuación total de la red que hemos diseñado, utilizaremos el diagrama anterior para hacernos una idea de los elementos pasivos que intervienen en dicha red y que contribuyen con una atenuación cada uno.

Para realizar el cálculo utilizaremos la siguiente fórmula:

$$At = X * 0.5 + Y * 0.1 + At(Splitters\ 1:2) + At(Splitter\ 1:16) + l * At\left(\frac{dB}{Km}\right)$$

Dónde:

X= N° de conectores; Y=N° de empalmes (fusión); L=Metros de cable de fibra

Atenuación para el peor caso

Con esto, tenemos que para el peor caso, el usuario que está más alejado de la OLT, a una distancia de 0.7Km, la atenuación total del enlace será:

$$At(\lambda = 1310) = 4 * 0.5 + 3 * 0.1 + 3.6 + 14 + 0.7 * 0.36 = 20.152dB$$

Esta atenuación sería para una longitud de onda (λ) de $\lambda = 1310nm$. Para una $\lambda = 1490nm$ la atenuación de la fibra sería de 0.36dB/Km, debido al tipo de cable, las atenuaciones a ambas longitudes de onda coinciden, pero no siempre es así, por tanto en este caso:

$$At(\lambda = 1490) = 4 * 0.5 + 3 * 0.1 + 3.6 + 14 + 0.7 * 0.36 = 20.152dB$$

$$At(\lambda = 1550) = 4 * 0.5 + 3 * 0.1 + 3.6 + 14 + 0.7 * 0.22 = 20.054dB$$

Atenuación para el mejor caso

Ahora realizaremos el mismo cálculo, esta vez para el usuario que está más cerca de la OLT, a una distancia de 0.3Km:

$$At(\lambda = 1310) = 4 * 0.5 + 3 * 0.1 + 3.6 + 14 + 0.3 * 0.36 = 20.008dB$$

$$At(\lambda = 1490) = 4 * 0.5 + 3 * 0.1 + 3.6 + 14 + 0.3 * 0.36 = 20.008dB$$

$$At(\lambda = 1310) = 4 * 0.5 + 3 * 0.1 + 3.6 + 14 + 0.3 * 0.22 = 19.996dB$$

Ancho de banda que recibirá cada usuario

Ahora ya sabemos cuál será la atenuación de nuestro enlace, pero también debemos saber que ancho de banda podemos proporcionar a los usuarios de la red que estamos diseñando y de esta forma saber qué servicios somos capaces de proporcionar. La red que estamos diseñando seguirá el estándar ITU-T G.984, este estándar nos indica que cada puerto de la OLT proporcionará alrededor de 2.5Gbps en el enlace de bajada (OLT-ONT) y 2.5Gbps en el enlace de subida (ONT-OLT) que se tendrán que repartir entre el número de usuarios a los que brinda servicio dicho puerto.

En nuestra red, tenemos que una relación de división de 1:32 realizada en 2 etapas, una primera etapa se hace en la oficina central, tiene una razón de división 1:2, la segunda etapa se realiza en las CTOs y tiene una razón de división de 1:16.

Entonces, si tenemos 2,5Gbps en el canal de bajada (Downstream), es decir 2500Mbps y esto lo dividimos entre 32 usuarios, tenemos:

$$BW \text{ (bajada)} = 2500Mbps / 32 = 80Mbps$$

Y para el canal de subida (Upstream), tenemos una capacidad de 1.5Gbps o lo que es lo mismo 1500Mbps

$$BW \text{ (subida)} = 1500Mbps / 32 = 46.875Mbps$$

Por tanto podremos ofrecer un servicio de ancho de banda asimétrico.

4.4 Equipos que forman la red

4.4.1 equipos en la Oficina Central.

La OLT (optical termination line) estará situada en la oficina central, el modelo que se ha escogido para ello es el Huawei SmartAX MA5600T, debido a sus excelentes prestaciones, algunas de ellas son:

- Alta capacidad de servicio, hasta 8000 ONTs
- Alta capacidad de servicio de IPTV(no necesita WDM)
- Alto ancho de banda 2.488Gbps (uplink) y 1,244Gbps (downlink)
- Soporta larga distancia, hasta 60Km, en la práctica 20Km
- Soporta un alto nivel de división 1:128
- Longitud de onda central de 1490nm en el transmisor y de 1320nm en el receptor
- Potencia óptica de 1,5 a 5dBm.
- Radio de extinción de 10dBm.
- Sensibilidad máxima de recepción de -28dBm.
- Potencia de sobrecarga de -8dBm.



Figura 68. Huawei SmartAX MA5600T. Fuente: Google.

Este modelo de OLT es considerada como una plataforma todo en uno, una plataforma capaz de proveer ADSL+ de alta densidad, VDSL, POTS, ISDN, GPON y fibra P2P Ethernet, también servicios triple play y servicios TDM/ATM/ETHERNET para empresas. También es capaz de soportar diferentes escenarios: FTTC/FTTB/FTTH/FTTO/FTTM.

En lo que se refiere a servicios, esta OLT tiene la capacidad de distribuir IPTV, canales multicast 8K y 4K.

El ODF (optical distribution frame), también estará situado en la oficina central, constituye la frontera entre los equipos del nodo y el cable exterior, de este armario saldrán los cables PKP-32 que se encargaran de la distribución de la red. El modelo escogido es el módulo CombiMODULE de la marca R&M, este tiene capacidad para 576 terminaciones de fibra, en nuestro caso, tan solo se utilizaran 64 terminaciones, por lo que quedaran 512 libres para futuras

Redes de fibra óptica, más allá de la luz.
Camilo Andrés Toro Mejía

ampliaciones de la red. Dentro del módulo se alojarán los 32 splitters 1:2. Sus dimensiones son 450x460x190mm



Figura 69. CombiMODULE de R&M. Fuente: Goolge

El armario rack, este armario alojará el módulo ODF en su interior, la función básica del rack, es la de proteger el módulo ODF y las fibras que este alberga en su interior. El modelo escogido es el RackMatic de la marca MobiRack, este rack tiene la capacidad de alojar más módulos ODF, en el caso de que fuera necesario. Sus dimensiones son: 600x1000x2000mm



Figura 70. RackMatic. Fuente: Goolge

Los splitters 1:2 escogidos son los SPL9101 de Huawei, las ventajas que poseen estos splitters, es que son de propósito general, tienen un alto nivel de protección, ya que están diseñados para exteriores y poseen un tamaño muy pequeño por eso son perfectos para su instalación en módulos de distribución óptica (ODF).



Figura 71. Splitter SPL9101. Fuente: Goolge.

Descripción	
Relación	1:2
Longitud de onda de funcionamiento(nm)	1310/1460/1600
Perdidas de inserción máximas(dB)	≤ 3.6
Uniformidad máxima(dB)	≤ 0.6
Perdidas de retorno(dB)	≥ 50 (PC), ≥ 55 (APC)
Directividad mínima (dB)	≥ 55
Polarización máxima(dB)	≤ 0.15
Potencia total de entrada(mW)	5.2
Tipo de conector	SC/APC

4.4.2 Equipos en la OND

Ahora vamos a ver los diferentes elementos que formaran nuestra OND (Optical Distribution Network), que básicamente serán cables de fibra óptica, cajas de distribución y splitters.

Cable fibra óptica multitubo mono modo PKP-32, de la empresa Cablecom. Este cable será el cable troncal de la red (Backbone), es un cable indicado para la distribución por vía aérea. Su diámetro es de 16,2mm y tiene un peso de 190Kg/Km. El resto de características se encuentran en el anexo.



Figura 72. Cable PKP-32. Fuente: Cablecom

Descripción	
Coeficiente de atenuación media / máxima a 1310nm (dB/Km)	0,36 / 0,37
Coeficiente de atenuación media / máxima a 1490nm (dB/Km)	0,36 / 0,37
Coeficiente de atenuación media / máxima a 1550nm (dB/Km)	0,22 / 0,24
Longitud de onda de corte(nm)	<1260

Figura 73. Características PKP-32. Fuente: Propia

Cable de fibra óptica mono modo PKP-8, de la empresa Cablecom. Este cable será el que compone las diferentes ramas de la red, tal como se pudo ver anteriormente en el mapa de distribución, es cable que va desde las cajas de empalme hasta las diferentes CTOs. Su diámetro es de 14,3mm y tiene un peso de 155Kg/Km. El resto de características se encuentran en el anexo.

Descripción	
Coeficiente de atenuación media / máxima a 1310nm (dB/Km)	0,36 / 0,37
Coeficiente de atenuación media / máxima a 1490nm (dB/Km)	0,36 / 0,37
Coeficiente de atenuación media / máxima a 1550nm (dB/Km)	0,22 / 0,24
Longitud de onda de corte(nm)	<1260

Figura 74. Características PKP-32. Fuente: Propia

Redes de fibra óptica, más allá de la luz.
Camilo Andrés Toro Mejía

Cable de fibra óptica mono modo 9/125 distribuido por la empresa Cablematic, este cable será el que ira desde la CTO (Caja Terminal Óptica) hasta la roseta óptica, en la casa del cliente. El diámetro del cable es de 3mm.



Figura 75. Bobina de fibra optica

Las cajas de empalme utilizadas serán las FOSC-350C, estas cajas de empalme permitirán hacer la derivación del cable troncal, para así poder llevar las fibras de la forma en la que se indica en el plano de distribución.

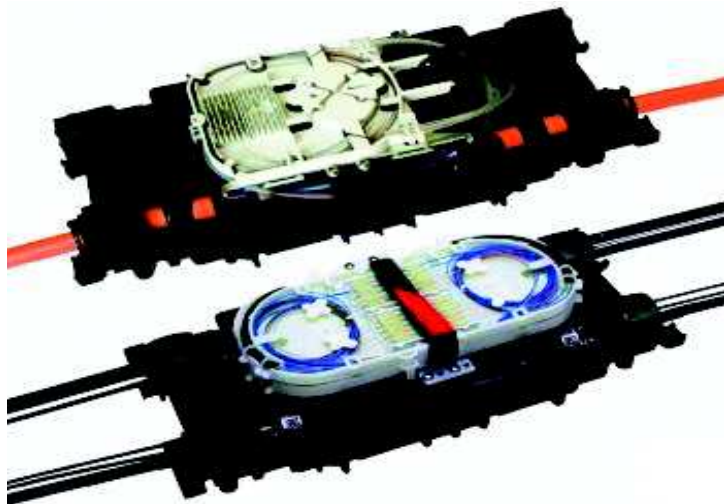


Figura 76. Caja de empalme FOSC-350C. Fuente: Goolge

Las cajas terminales Ópticas que se utilizaran, son las CTO-omnirach OTE de ADC-Krone. Estas CTOs albergaran en su interior los empalmes de fibra óptica y los divisores 1:16 que repartirán la señal hasta las ONTs a través del cable de fibra.



Figura 77. CTO-omnirach. Fuente: Google

4.4.3 Equipos terminales

Finalmente la fibra óptica llega hasta el usuario, en donde se encontraran el resto de elementos que forman la red, estos son, la ONT y la roseta terminal óptica. Los equipos que se han escogido son los siguientes:

La roseta terminal óptica de opentics, para uso interior, permite la terminación de las líneas de fibra óptica sobre el pasa muro en los PAU, punto de acceso de usuario, en viviendas. Permite la conexión de cable directo, empalmes mecánicos o fusiones, ya que dispone de un cassette en su interior, con capacidad de almacenaje de la fibra.



Figura 78. Roseta Óptica. Fuente: Google

La ONT que Huawei tiene a la venta es la ONT HG8240, este dispositivo para interiores proporciona banda ultra ancha al hogar a través del terminal óptico. Tiene un puerto GE/FE-adaptador Ethernet y un puerto CATV. Posee altas capacidades para VoIP, internet y servicios de video en HD.

Una gran ventaja de este dispositivo es su capacidad “plug and play”, también que con un solo click es posible activar los servicios de internet e IPTV. Además de esto su configuración puede ser remota.

Posee un rango de transmisión de 2,5Gbps y 1,5Gbps en el transmisor y en el receptor respectivamente, su longitud de onda central es de 1490nm en el transmisor y de 1310nm en el receptor.



Figura 79. ONT HG8240. Fuente: Goolge

Capítulo 5. Estudio Económico

5.1 Análisis del coste de capital

En este estudio económico se pretende analizar el coste de los equipos empleados, con el fin de determinar la viabilidad del proyecto o no. Llegados a este punto, primero se analizarán a los proveedores de los equipos tanto activos como pasivos.

5.1.1 fabricantes proveedores de equipos.

El fabricante escogido para proveer a nuestra red con sus equipos es Huawei, esta empresa multinacional, se perfila como uno de los líderes en telecomunicaciones a nivel mundial en los últimos años y como el líder indiscutible en el ámbito de TFFx y GPON. Huawei provee a 45 de los 50 operadores más grandes del mundo, dando cobertura a más de mil millones de usuarios. La gran ventaja que posee esta empresa es que ofrece equipos a un precio más bajo que el de sus competidores, con una calidad similar.

5.2 Equipos

En el capítulo anterior, ya se mencionaron los equipos que se utilizarían en nuestro diseño, pero a continuación los mencionaremos de nuevo rápidamente para que el estudio económico sea más claro. En este apartado aparecen elementos de instalación, no mencionados anteriormente, ya que no intervienen directamente en el diseño, pero que deben ser considerados ya que son necesarios.

Equipos en la Oficina Central:

- OLT MA5600T
- ODF GXF147-iODF3101-CH2
- Splitters 1:2 SPL9101

Equipos en la ODN:

- Cable de fibra óptica monomodo PKP-32 tipo G.652
- Cable de fibra óptica monomodo PKP-8 tipo G.652
- Cable de fibra óptica monomodo simplex (1 FO) tipo G.652
- Caja de empalme FOSC-350C
- Caja terminal óptica Modelo omnireach OTE de ADC – KRONE
- Splitters 1:16 SPL9101

Equipos terminales:

- ONT HG8240
- Roseta óptica

Elementos de instalación:

- Retenedor de fibra óptica

5.3 Análisis de costes de equipos.

5.3.1 Equipos en Oficina Centra

Elemento	Cantidad	Unidad	Precio por unidad	Total
OLT MA5600T	1	U	1975,82 €	1975,82 €
ODF GXF147 iODF3101-CH2	1	U	9,999 €	9,999 €
Splitters 1:2 SPL9101	32	U	10,05	321,60 €
Total				2307,40 €

Figura 80. Equipos de central. Fuente: Propia

5.3.2 Equipos en la ODN

Elemento	Cantidad	Unidad	Precio por unidad	Total
Cable de fibra óptica monomodo PKP-32 tipo G.652	1938	m	1,24 €/m	2403,12 €
Cable de fibra óptica monomodo PKP-8 tipo G.652	2308	m	2,32 €/m	5354,56 €
Cable de fibra óptica monomodo simplex (1 FO) tipo G.652	30500	m	0,323 €/m	9860,95 €
Caja de empalme FOSC-350C	16	U	10 €	160 €
Caja terminal óptica Modelo omnireach OTE de ADC – KRONE	50	U	260,90 €	13045 €
Splitters 1:16 SPL9101	50	U	89,81 €	4490,50 €
Total				35314,13 €

Figura 81. Equipos en la ODN. Fuente: Propia

5.3.3 Equipos terminales

Elemento	Cantidad	Unidad	Precio por unidad	Total
ONT	810	U	49,99 €	40491,90 €
Roseta Óptica	810	U	8,47 €	6860,70 €
Retenedor	810	U	1,35 €	1093,50 €
Total				48446,10 €

Figura 82. Equipos terminales. Fuente: Propia

COSTE EQUIPOS EN LA OFICINA CENTRAL	2307,40 €
COSTE EQUIPOS EN LA ODN	35314,13 €
COSTE EQUIPOS TERMINALES	48446,10 €
COSTE TOTAL DE LOS EQUIPOS	86067,70 €

Figura 83. Coste total de los equipos. Fuente: Propia

5.4 Análisis de costes de mano de obra.

Para la realización de este apartado, se ha hecho una aproximación de los costes, siguiendo las directrices marcadas por una empresa colaboradora con el proyecto, dedicada al sector.

Descripción	Unidad	cantidad	Precio por unidad	Total
Coste Empalme de cable Drop	U	1	1000 €	1000 €
Costos Instalación de la fibra óptica	m	34746	0,40 €	13898,4
Pruebas de Fibra Óptica	U	1	776,40 €	776,40 €
Montaje y programación OLT	U	1	1800 €	1800 €
Instalación de la ONT	U	810	29 €	23490 €
Montaje de la ODF(conexión, fusión y organización de la fibra en el ODF)	U	1	470 €	470 €
Total				41434,80 €

Figura 84. Costes de mano de obra. Fuente: Propia

5.5 Coste total de la implantación de la Red

Ahora es momento de sumar los costes de materiales en las diferentes partes de la red y la mano de obra que conlleva su instalación.

Coste en la Oficina Central	2307,40 €
Coste en la ODF	35314,13 €
Coste en la ubicación del usuario	48446,10 €
Costes de mano de obra	41434,80 €
Total	127502,43

Figura 85. Coste total la red. Fuente: Propia

5.6 Análisis financiero

5.6.1 Ingresos

Los ingresos netos se han calculado en función de los tres servicios que se ofrecerán: Internet, IPTV y VoIP. Estos tres servicios se ofrecerán en 3 “paquetes” diferentes para el internet, dependiendo del ancho de banda que se desee contratar y también dependiendo del número de canales a los que se vaya a acceder.

En el caso de la VoIP, vamos a suponer que el 100% de los usuarios van a tener este servicio. De esta forma obtendremos una aproximación de los ingresos obtenidos para después hacer los cálculos pertinentes a este análisis.

Servicio	Calidad	Usuarios de cada servicio (%)	Coste para el usuario (€)	Usuarios	Total (€)
Internet	Básica	25	22	202,5	4455
	Media	50	32	405	12960
	Alta	25	48	202,5	9720
VoIP	Básica	100	22,50	810	18225
IPTV	Básica	25	20	202,5	4050
	Media	50	27	405	10935
	Alta	25	38	202,5	7695
total					68040

Figura 86. Ingresos estimados. Fuente: Propia

Para la realización del cálculo de la tasa interna de retorno y del valor actual neto, se considera un 12% de gasto en mantenimiento de la red y otros costes extras y un 21% en Obligaciones tributarias.

5.6.2 VAN (Valor actual Neto) y TIR (tasa interna de retorno)

Para el cálculo del VAN, se tendrán en cuenta 4 años, cada uno de estos años con un número de usuarios que irá en aumento, este número de usuarios seguirá la misma distribución que se ha seguido para el cálculo de los ingresos y que se puede ver en las tablas siguientes.

Gracias a estas tablas podremos saber cuáles son los flujos de caja (Q) de cada año, para poder implementar la fórmula del VAN, La inversión inicial (A) ya la hemos calculado, tan solo nos queda establecer una tasa de descuento (k), que en este caso será del 5%, ya que supondremos que para realizar la inversión inicial, pediremos un préstamo a un banco que tendrá un 5% de interés.

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+k)^1} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

Durante el primer año la red estará a un 50% de su capacidad, por tanto tendrá tan solo 405 usuarios.

AÑO 1					
Servicio	Calidad	Usuarios de cada servicio (%)	Coste para el usuario (€)	Usuarios	Total (€)
Internet	Básica	25	22	40,5	2227,5
	Media	50	32	81	6480
	Alta	25	48	40,5	4860
VoIP	Básica	100	22,50	162	9112,5
IPTV	Básica	25	20	40,5	2025
	Media	50	27	81	5467,5
	Alta	25	38	40,5	3847,5
Ingresos antes de gastos	-	-	-	-	34020
Gastos (impuestos y gasto mantenimiento)	-	-	-	-	-11226,6
Total después de gastos(Q1)	-	-	-	-	22793,4

Figura 87. Flujo de caja año 1. Fuente: Propia

En el segundo año la red estará a un 75% de su capacidad, tendrá 607,5 usuarios.

AÑO 2					
Servicio	Calidad	Usuarios de cada servicio (%)	Coste para el usuario (€)	Usuarios	Total (€)
Internet	Básica	25	22	151	3322
	Media	50	32	302	9664
	Alta	25	48	151	7248
VoIP	Básica	100	22,50	607	13668,75
IPTV	Básica	25	20	151	3020
	Media	50	27	302	8154
	Alta	25	38	151	5738
Ingresos antes de gastos	-	-	-	-	50814,75
Gastos (impuestos y gasto mantenimiento)	-	-	-	-	16768,8
Total después de gastos(Q2)	-	-		-	34045,88

Figura 88. Flujo de caja año 2. Fuente: Propia

En el tercer año, se estima que la red estará al 85% de su capacidad, tendrá 688,5 usuarios.

AÑO 3					
Servicio	Calidad	Usuarios de cada servicio (%)	Coste para el usuario (€)	Usuarios	Total (€)
Internet	Básica	25	22	172,125	3786,75
	Media	50	32	344,25	11016
	Alta	25	48	172,125	8262
VoIP	Básica	100	22,50	688,5	15491,25
IPTV	Básica	25	20	172,125	3442,5
	Media	50	27	344,25	9294,75
	Alta	25	38	172,125	6540,75
Ingresos antes de gastos	-	-	-	-	57834
Gastos (impuestos y gasto mantenimiento)	-	-	-	-	19085,22
Total después de gastos(Q3)	-	-		-	38748,78

Figura 89. Flujo de caja año 3. Fuente: Propia

Al cabo de 4 años se espera que la red este abasteciendo al 100% de los usuarios para los que fue dimensionada.

AÑO 4					
Servicio	Calidad	Usuarios de cada servicio (%)	Coste para el usuario (€)	Usuarios	Total (€)
Internet	Básica	25	22	202,5	4455
	Media	50	32	405	12960
	Alta	25	48	202,5	9720
VoIP	Básica	100	22,50	810	18225
IPTV	Básica	25	20	202,5	4050
	Media	50	27	405	10935
	Alta	25	38	202,5	7695
Ingresos antes de gastos	-	-	-	-	68040
Gastos (impuestos y gasto mantenimiento)	-	-	-	-	22453.2
Total después de gastos(Q4)	-	-		-	45586,80

Figura 90. Flujo de caja año 4. Fuente: Propia

Ahora que ya hemos recopilado los datos,

$$VAN = A - \frac{Q_1}{(1+k)^1} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \frac{Q_3}{(1+k)^3} + \frac{Q_4}{(1+k)^4} =$$

$$VAN=127502,43 - \frac{22793,4}{(1+0,05)^1} + \frac{34045,88}{(1+0,05)^2} + \frac{38748,78}{(1+0,05)^3} + \frac{45586,8}{(1+0,05)^4} = 1540,68$$

El resultado que nos da el VAN es positivo, esto nos indica que nuestro proyecto se puede realizar, ya que este nos proporcionará una rentabilidad sobre la inversión que hayamos hecho.

3.6.3 Tasa de retorno interna

La tasa interna de Rentabilidad o retorno (TIR), es un método de valoración de inversiones que nos permitirá medir la rentabilidad de los cobros y los pagos actualizados, generados por una inversión, en forma de porcentaje. Para facilitar los cálculos se ha recurrido a una calculadora online del TIR <http://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-tir/>, esta calculadora lo que hace es aplicar la formula siguiente:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

Figura 91. Formula del TIR

El resultado que obtenemos al aplicar la fórmula es: TIR= 3,79%, esto quiere decir que el proyecto es factible y que tiene una rentabilidad del 3,70%.

Conclusiones.

Como conclusiones sobre este proyecto podemos decir, que hoy en día es la mejor opción a la que podemos optar a la hora de renovar las antiguas redes basadas en cobre, ya que la fibra óptica es la tecnología que ofrece las mejores prestaciones en cuanto a ancho de banda, ya que este es enorme, la mejora de las redes FTTH, no necesitan cambiar el cable de fibra, tan solo actualizar los equipos para que estos proporcionen más velocidad y ancho de banda a los usuarios. También porque es un sistema que no es sensible a las interferencias electromagnéticas a diferencia de las redes basadas en cobre. Aparte de las ventajas tecnológicas, explicadas, las redes FTTH como la que se ha diseñado necesitan un coste de mantenimiento muy pequeño ya que la red está formada por elementos pasivos casi en su totalidad, esto reduce bastante los costes de mantenimiento de esta y la hace aún más atractiva. Finalmente y como hemos podido comprobar en el último capítulo de este proyecto, pese a la elevada inversión inicial que se debe realizar para implementar este tipo de red, ha quedado claro que sigue siendo una inversión que es viable y que proporcionara beneficios durante muchos años a los inversores, ya que la fibra óptica, es un elemento que tiene una duración de unos 25 años.

AGRADECIMIENTOS

A la hora de realizar este trabajo, me ha sido muy importante el apoyo de mi madre, Clara Cecilia mejía Heredia, que siempre ha estado a mi lado en los momentos de dificultad, y también fue la persona que me animo a entrar en la universidad y hacer una carrera, cosa de lo que estoy muy orgulloso de haber hecho.

También agradecérselo a mi tía Lucy mejía Heredia, ha sido un gran ejemplo a seguir para mí, me ha ayudado a costearme la carrera y siempre me a dado sabios consejos.

BIBLIOGRAFIA

Apuntes, libros, artículos y trabajos

Villareal alvarez andres David, “ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE ARQUITECTURAS DE TRANSPORTE PARA IPTV”, FEBRERO DE 2011.

Jaime jimenez,, “soporte red FTTH”, tech-zone, comteco.

Adolfo garcia Yagüe, “GPON, introducción y conceptos”, TELNET redes inteligentes, Noviembre 2012.

Marcelo Abreu, Aldo Castagna, Pablo Cristiani, Pedro Zunino, Enrique Roldós, Gustavo Sandler, “CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA AL HOGAR (FTTH)”, 2009.

“Proyecto Transformación Red de Acceso FTTH: Elementos para instalaciones y Planta Externa”, Mazo 2008

Páginas Web

<http://es.wikipedia.org/>
www.telnet-ri.es
<http://www.itu.int/>

ANNEXO

ANEXO 1: CABLES DE FIBRA OPTICA MULTITUBO TIPO PKP. CABLESCOM.

ANEXO 2: CAJA TERMINAL ÓPTICA (CTO) Modelo omnireach OTE de ADC –
KRONE. TE connectivity.

ANEXO 3: CAJA DE EMPALME FOSC-350C. TE connectivity.

CABLES DE FIBRA ÓPTICA MULTITUBO TIPO PKP



Fibra Óptica



Cable para tendido aéreo



Resistente a UV



Resistencia mecánica



Dieléctrico



Estanco



Cumple ROHS

NORMAS

Especificación de Telefónica ERQ.f6.0226 – Edición 2ª

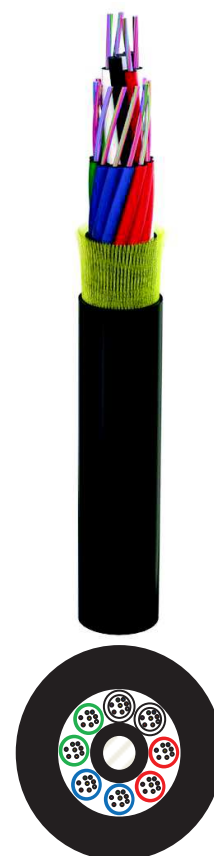
Fibra: ITU-T G652D.

DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN

Cables de 8 a 128 fibras ópticas monomodo, totalmente dieléctricos, con cubierta PKP para instalación en planta externa tanto en conductos subterráneos como en tendidos aéreos.

CONSTRUCCIÓN

- **Elemento central:** Elemento central de refuerzo dieléctrico compuesto de fibra de vidrio.
- **Tubos:** Tubos holgados de de PBT con fibras ópticas y compuesto hidrófugo en su interior. Varillas de relleno opcionales según geometría del núcleo. Código de colores según tablas 1 y 2.
- **Cableado:** Tubos cableados en SZ alrededor del elemento central. Cordones y cintas autohinchables para evitar la propagación de agua.
- **Cubierta interior:** Cubierta interior de polietileno.
- **Refuerzos:** Hilaturas de aramida como elemento de refuerzo resistente a la tracción.
- **Cubierta exterior:** Cubierta exterior de polietileno de color negro.
- **Marcas de Cubierta:** Los cables presentarán en el exterior de la cubierta la siguiente inscripción:
 - Nombre del fabricante (CCSA) / Año fabricación / Nº fibras / Tipo de fibra (10.D) / Tipo de cubierta (PKP) / MOVISTAR / Metraje / Orden fabricación
 - Otras marcas están disponibles bajo petición.



CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Los parámetros de las fibras ópticas son compatibles con la recomendación ITU-T G.652D.

Ver nuestra hoja de producto de las características de la fibra.

Características de transmisión de la fibra cableada:

Coefficiente de atenuación:

Media / Máxima a 1310 nm: 0,36 / 0,37 dB/km

Media / Máxima a 1550 nm: 0,22 / 0,24 dB/km

$PMD \text{ link} \leq 0,20 \text{ ps/km}^{1/2}$

$PMD Q \leq 0,20 \text{ ps/km}^{1/2}$

Longitud de onda de corte (λ_c) $\leq 1260 \text{ nm}$

Todos los dibujos, diseños, especificaciones y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en esta documentación son puramente indicativos y no pueden ser considerados contractuales.

TABLA 1: CÓDIGO DE COLORES DE LOS TUBOS

		Número de fibras						
1ª Capa	Nº Tubo	8	16	24	32	48	64	128
	1	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco
	2	Rojo	Rojo	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco
	3	Negro	Negro	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
	4	Azul	Azul	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
	5	Verde	Verde	Azul	Azul	Azul	Azul	Azul
	6	Negro	Negro	Azul	Azul	Azul	Azul	Azul
	7				Verde		Verde	Verde
	8				Verde		Verde	Verde
Fibras por tubo		2	4	4	4	8	8	16

*Nota: los tubos negros son elementos pasivos (sin fibra óptica).

TABLA 2: CÓDIGO DE COLORES DE LAS FIBRAS

Fibra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Color	Verde	Rojo	Azul	Amarillo	Gris	Violeta	Marrón	Naranja	Blanco	Negro	Rosa	Turquesa
Abrev.	V	R	Az	Am	G	Vi	M	Nr	Bl	N	Rs	Tq
Fibra	13	14	15	16								
Color	Blanco*	Amarillo*	Naranja*	Rosa*								
Abrev.	Bl	Am	Nr	Rs								

(*): Las fibras 13 a 16 serán marcadas con anillos negros separados un máximo de 50 mm entre sí.

Todos los dibujos, diseños, especificaciones y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en esta documentación son puramente indicativos y no pueden ser considerados contractuales.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	Norma	Condiciones de ensayo
Ensayo de tracción ($\Delta\epsilon_f=0\%$, $\Delta\alpha<0.05$ dB)	EN 187000 Mét. 501	4200 N (8,16,24 y 48 fo) 4600 N (32 y 64 fo) 4800 N (128 fo)
Resistencia al aplastamiento	EN 187000 Mét. 504	3000 N
Resistencia al impacto	EN 187000 Mét. 505	5 J, radio impactante = 10 mm
Curvaturas repetidas	EN 187000 Mét. 507	$r = 15 \times \varnothing$ cable; 100 ciclos
Curvado del cable	EN 187000 Mét. 513	$r = 15 \times \varnothing$ cable; $r \geq 250$ mm
Ciclo térmico en operación	EN 187000 Mét. 601	-25°C / 70°C
Penetración de agua	EN 187000 Mét. 605B	$L_{\text{Pagua}} \leq 1$ m (14 días)

TABLA DE DIMENSIONES Y PESOS

Código	Nº de fibras	Diámetro (mm)	Peso nominal (kg/km)
EE6102A00000802N	8	14,3	155
EE6102A00001602N	16	14,3	155
EE6102A00002402N	24	14,3	155
EE6102A00003202N	32	16,2	190
EE6102A00004802N	48	14,3	155
EE6102A00006402N	64	16,0	190
EE6102A00012802N	128	16,4	200

Todos los dibujos, diseños, especificaciones y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en esta documentación son puramente indicativos y no pueden ser considerados contractuales.

Caja Preconectorizada para Exterior Modelo omnireach OTE de ADC – KRONE

Indice

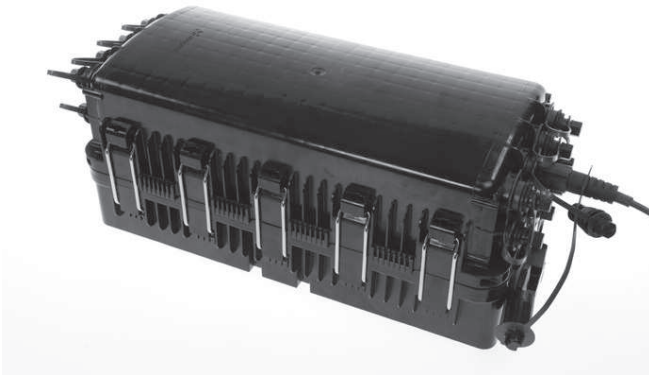
1 Introducción	6.3 Instalación de los cables en la cto
1.1 Objeto	6.3.1 Terminación cables ópticos en paso
2 Descripción y utilización	6.3.2 Terminación cables ópticos en punta
2.1 Bandejas de empalme y divisores	6.3.3 Terminación cable o rabillo CTO multipuerto MST
2.1.1 Bandejas de empalme	6.4 Terminación de tubos holgados y empalmes de fibras ópticas
2.1.2 Divisor óptico 1 X 16	6.4.1 Empalme entrada del divisor a fibras cable de alimentación
2.1.3 Configuración de la caja	6.4.2 Empalme salidas divisor 1x16 a rabillos SC/APC (Para el caso de que las fibras de salida del divisor vengan no conectorizadas)
2.2 Puertos preconectorizados	6.4.3 Empalme salidas divisor 1X16 a CTO multipuerto MST
3 Precauciones	6.4.4 Empalme de fibras para servicios punto a punto
4 Materiales	6.5 Sellado y cierre de la caja
5 Herramientas	6.6 Fijación de la CTO omnireach OTE
6 Instalación básica	6.6.1 Montaje en fachada o superficie vertical
6.1 Preparacion de los extremos de los cables	6.6.2 Montaje en poste
6.1.1 Preparación de los extremos para cable en paso	7 Conexión de las acometidas preconectorizadas relación de anexos
6.1.2 Preparación de los extremos para cable en punta	Anexo 1. Limpieza de los adaptadores reforzados SC/APC
6.1.3 Preparación de cable rabillo CTO multipuerto	Anexo 2. Limpieza de conectores preconectorizados
6.2 Apertura de la caja de empalme	Anexo 3. Cable óptico plano CTO multipuerto

1 Introducción

1.1 Objeto

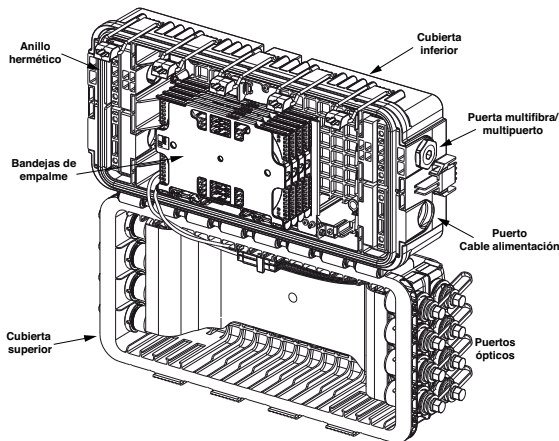
El objeto de este método consiste en la descripción de las operaciones necesarias para las instalaciones típicas de la caja terminal óptica (CTO) preconectorizada de exterior, modelo OTE de ADC-KRONE.

2 Descripción y utilización



La caja Omnireach OTE es una Caja Terminal Óptica (CTO) de exterior que proporciona un cerramiento medioambientalmente protegido para la distribución de cables de acometida de abonado y para la terminación y segregación de cables de fibra óptica de una red FTTH.

Es apropiada para aplicaciones enterradas, canalizadas o aéreas y es apta para ser instalada en arquetas, poste y fachada. Sin embargo, de acuerdo a lo establecido en el servicio Marco, las cajas terminales como norma general, no se instalarán en arquetas.



La caja de empalme Omnireach OTE consiste en dos carcasas plásticas selladas herméticamente a través de un anillo de silicona y un sistema de apertura mecánico compuesto por 5 clips de acero con tensores plásticos.

Internamente la caja OTE está equipada con 5 ó 6 bandejas de empalme, 8 ó 16 puertos ópticos preconectorizados (según configuración) y 4 bocas de cable con sus correspondientes herrajes de obturación y sujeción (2 por cada lado) que permiten la instalación de cables ópticos multifibra multiusos con terminación, en paso y en punta de hasta 64 fibras ópticas y cables o rabillos de alimentación de CTO multipuerto tipos MST.

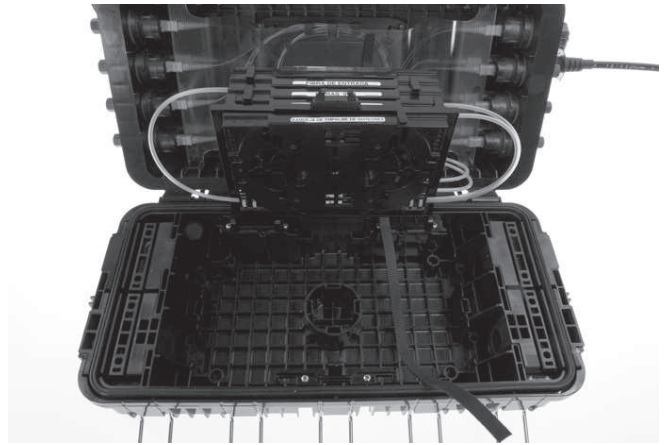
La carcasa inferior presenta además un espacio libre reservado que permite el almacenaje de los tubos holgados de fibra óptica, tanto para configuraciones de cable en paso como para configuraciones de cable en punta o segregaciones.

2.1 Bandejas de empalme y divisores

2.1.1 Bandejas de empalme

En la cubierta inferior o base de la caja OTE y sobre un soporte fijado con tornillos, se alojan hasta 6 bandejas de empalme (normalmente vienen 5 instaladas) que rotan conjuntamente sobre el lateral de la base permitiendo así el acceso a la zona de almacenamiento de tubos holgados.

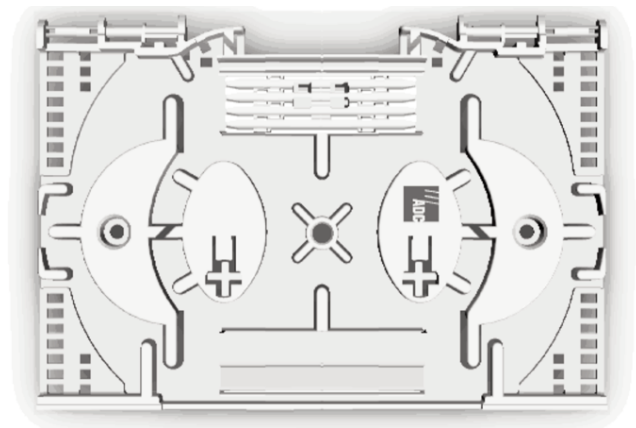
El soporte dispone además de un cierre que evita la rotación involuntaria de todo el conjunto.



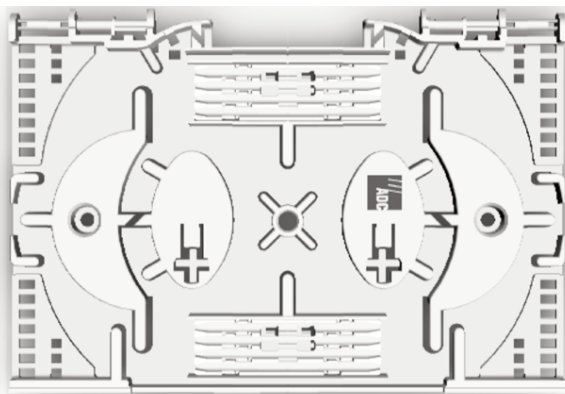
Cada bandeja de empalme puede además rotar individualmente sobre la anterior facilitando así el acceso al interior y a la zona de empalme de cada una de las bandejas. También disponen en su base de un imán que evita la rotación o apertura involuntaria.

Existen dos tipos de bandejas de empalme:

- bandeja de divisores ópticos (normalmente la bandeja 1, y excepcionalmente la 6),



- bandeja de fusión de 16 posiciones (normalmente las bandejas 2,3,4 y 5)



Las bandejas están identificadas y definidas mediante el siguiente etiquetado:



- Bandeja 1 "BANDEJA DE DIVISORES": La bandeja está situada bajo el soporte de bandejas de modo que es necesario rotar 90° el mismo para acceder a esta. Está destinada a albergar únicamente el divisor 1x16 y no está destinada a almacenar ningún tipo de empalme.
- Bandejas 2 y 3 "FIBRAS 1-8" y "FIBRAS 9-16": Están destinadas a almacenar las fibras de salida del divisor óptico que están conectorizadas SC/APC y van a ir desde estas bandejas a los adaptadores de la caja. Para acceder a cada una de las bandejas únicamente es necesario rotar las bandejas superiores.
- Bandeja 4 "FIBRA DE ENTRADA": Está destinada a almacenar y fusionar las fibras del cable de alimentación con la fibra de entrada del divisor óptico o bien con los rabillos de distribución en el caso de servicio punto a punto.
- Bandeja 5: No presenta etiqueta alguna y constituye una bandeja de reserva.
- Bandeja 6: Se utiliza excepcionalmente como bandeja de DIVISORES para ubicar un posible segundo divisor óptico en la caja. También puede ser utilizada como bandeja de reserva, igual que la bandeja 5.

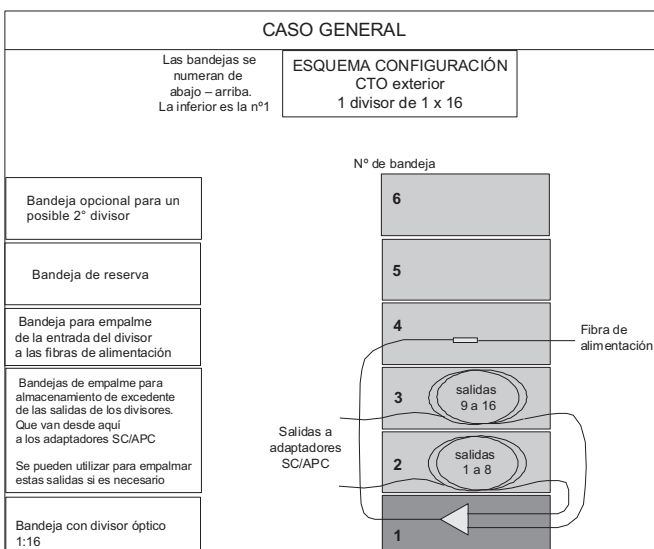
2.1.2 Divisor óptico 1 X 16

La caja terminal Omnireach OTE puede suministrarse, dependiendo del código del elemento con un divisor óptico 1x16 instalado en la bandeja inferior o bandeja número 1.

El divisor, además de ocupar su correspondiente bandeja tiene asociadas las bandejas 2, 3 y 4, donde se alojan las fibras correspondientes a las salidas y a las entradas respectivamente. El guiado de las diferentes fibras entre las bandeja 1 y las bandejas asociadas se realiza mediante tubos de transporte preinstalados, que discurre por los laterales del conjunto de bandejas.

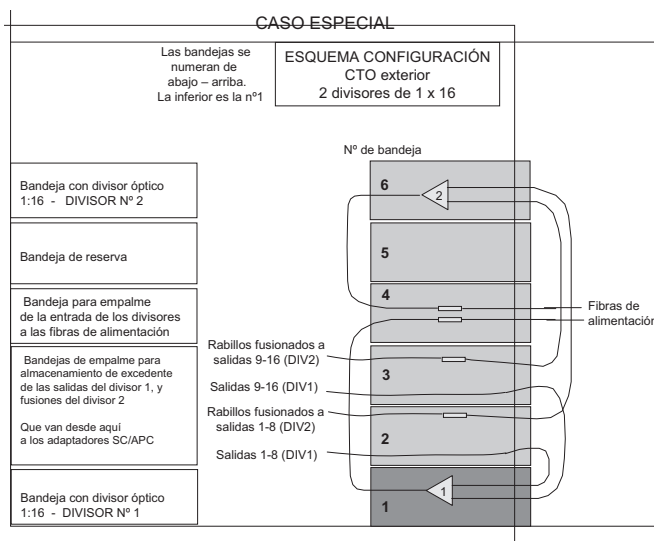
2.1.3 Configuración de la caja

En el siguiente esquema se detalla la configuración de la caja para el caso general, con 1 divisor de 1x16.

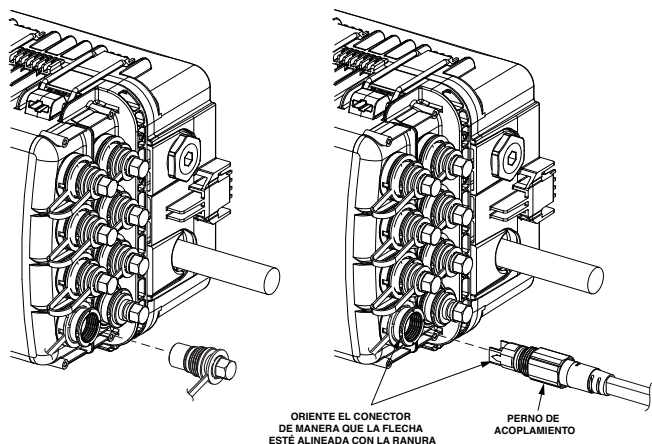


Para el caso de cajas con 8 puertos, las salidas 9 a 16 del divisor podrán empalmarse a fibras provenientes del cable asociado a cajas terminales multipuerto.

Como caso especial, se considera la instalación de 2 divisores 1 x 16 en la caja de acuerdo a la configuración reflejada en el esquema siguiente:

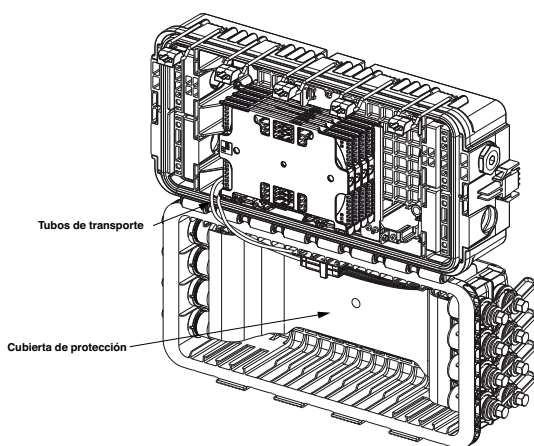


2.2 Puertos preconectorizados



Cada uno de los puertos ópticos está compuesto por un adaptador tipo SC/APC reforzado que dispone internamente de un rabillo monofibra SC/APC que discurre desde la cubierta superior hasta las bandejas de empalme número 2 y/o 3 (según corresponda), a través de un buffer de transición y los correspondientes tubos de transporte.

Todos los adaptadores SC/APC de la caja de empalme Omnireach OTE son compatibles con la solución y las acometidas preconectorizadas OptiTap de Corning.

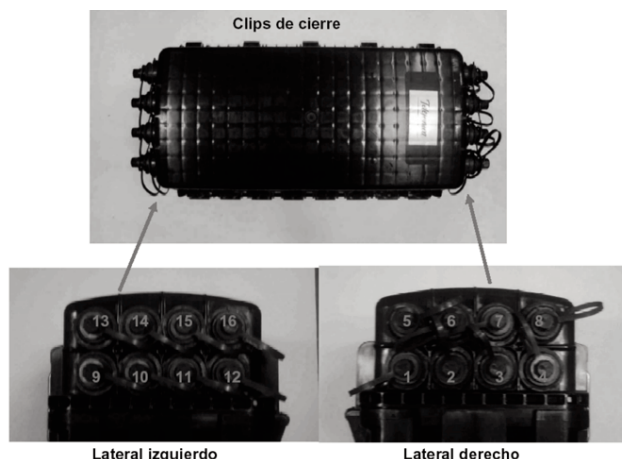


Cada uno de los puertos ópticos está compuesto por un adaptador tipo SC/APC reforzado que dispone internamente de un rabillo monofibra SC/APC que discurre desde la cubierta superior hasta las bandejas de empalme número 2 y/o 3 (según corresponda), a través de un buffer de transición y los correspondientes tubos de transporte.

Todos los adaptadores SC/APC de la caja de empalme Omnireach OTE son compatibles con la solución y las acometidas preconectorizadas OptiTap.

La numeración de los puertos conectorizados de la caja es la siguiente:

Con la caja posicionada con los clips de cierre en la parte superior, los puertos del lado derecho numeran del 1 al 8 y los puertos del lado izquierdo del 9 al 16:



3 Precauciones

Si las fibras no tienen servicio, las precauciones serán las habituales, teniendo cuidado de no doblar los tubos cuando se almacenan ya que se corre el riesgo de romper las fibras.

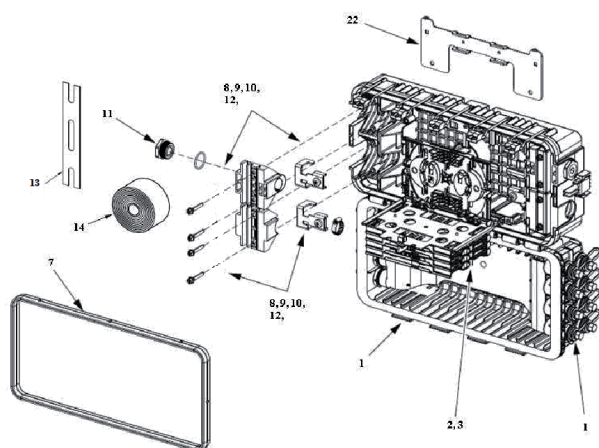
Además de lo anterior, cuando las operaciones de instalación se realicen con fibras en servicio, el manejo de éstas será tal que, al limpiarlas o manipularlas, no se produzcan cocas o codos de radio de curvatura pequeño. Dichas curvas podrían producir una atenuación adicional en las fibras llegando incluso a interrumpir el servicio.

Por otra parte, el personal encargado de la instalación deberá observar las normas del Comité de Seguridad e Higiene en el trabajo.

4 Materiales

A continuación se definen los materiales a utilizar para la instalación básica de la caja de empalme Omnireach OTE:

Descripción	Cantidad
1 Caja de empalme Omnireach OTE con adaptadores SC/APC	1
2 Bandeja de empalme con divisor 1x16 preconec. SC/APC	1
3 Bandeja de empalme 16 fusiones	4
4 Cilindro plástico de obturación	1
5 Tubo guiado de rabillos y fibras	5
6 Pieza de retención para tubo holgado multifibra	8
7 Junta de goma perimetral	1
8 Cuña retención cable alimentación	2
9 Cuña retención cable multifibra/rabillo multipuerto	2
10 Soporte retenedor de cable con tornillos M6 y pletinas	4
11 Tapón roscado de obturación de puertos de cable multifibra	2
12 Abrazadera ajustable de acero	3
13 Junta Mastic selladora	2
14 Cinta Mastic selladora cable	2
15 Cierre cable multifibra/rabillo multipuerto	2
16 Goma selladora cable plano multipuerto (2 salidas)	1
17 Tapón de sellado para cable multipuerto.	1
18 Patrón de enrollamiento	1
19 Bridas plásticas pequeñas	10
20 Bridas plásticas largas	4
21 Bolsita de grasa selladora	1
22 Kit de soporte de montaje	1
23 Tornillos y tacos de sujeción	2



5 Herramientas

A continuación se definen las herramientas necesarias para la instalación de la caja empalme:

- Destornillador.
Utilizado para la fijación del cable a la caja de empalme y para el cierre de ésta.
- Cinta métrica.
Utilizado para medir las longitudes del cable que deben ser cortadas o preparadas.
- Pelador de cubiertas de cable
Sirve para realizar los cortes y pelado de la cubierta del cable.
- Alicata de corte oblicuo.
Utilizado para cortar el elemento de refuerzo.
- Alicata de punta con corte.
Utilizado para tirar del hilo de rasgado y por tanto facilitar la eliminación de la cubierta del cable.
- Tijeras.
Utilizadas para eliminar elementos pasivos, cintas, etc.
- Pelador de tubo holgado (tipo IDEAL).
Para eliminar la 2ª protección (tubo) de las fibras.
- Calefactor por aire.
Con una potencia entre 800 y 1000 W, permite la eliminación de la memoria de los tubos holgados por efecto del cableado para su almacenaje en la caja

6 Instalación básica

En este apartado se describen las operaciones necesarias para la preparación e instalación de los distintos cables de fibra óptica, el almacenamiento de tubos y la realización de empalmes en la caja de empalme OTE.

6.1 Preparación de los extremos de los cables

Dependiendo del diseño y la instalación de la red FTTH se distinguen diferentes preparaciones o terminaciones de cable en la caja de empalme Omnireach OTE. En este sentido se pueden diferenciar montajes para cables en paso, terminaciones de cables en punta y terminaciones de cables ópticos o rabillos de cajas multipuerto tipo MST.

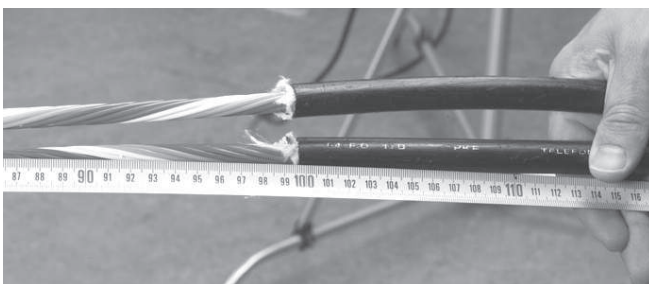
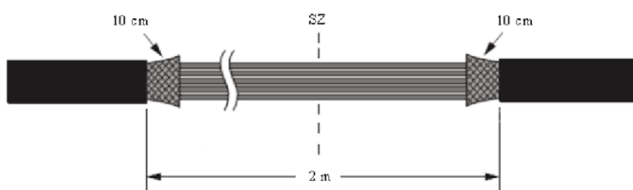
6.1.1 Preparación de los extremos para cable en paso

Las operaciones a continuación descritas deben realizarse sobre los cables ópticos multifibra que se instalan en paso en la caja de empalme Omnireach OTE.

Debido a que la instalación de los cables en la caja se realiza mediante las cuñas de retención y elementos de sellado específicos, el diámetro exterior de los cables no puede ser superior a 16mm. Se limita a un cable tipo PKP de 64 fo, el mayor cable que accederá a la caja.

La preparación del cable se realizará de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- Estimar la posición del cable en la caja y realizar dos marcas separadas 1 m. sobre el cable.
- Eliminar las cubiertas, hilaturas de aramida y otros elementos constructivos entre las marcas. Acceder a los tubos holgados.
- Localizar uno de los pasos SZ y medir 1 m. en cada sentido, marcando nuevamente en ambos puntos.
- Retirar la cubierta exterior existente entre las marcas.
- Cortar las hilaturas de aramida dejando una longitud de 10 cm. desde cada extremo de la cubierta exterior. Trenzarlas y encintar el extremo.
- Retirar la cubierta interior dejando una longitud de 2,5 cm. desde cada uno de los extremos de la cubierta exterior.
- Retirar los elementos constructivos del cable (elemento central, cintas de ligadura, cordones autohinchantes.), liberar los tubos y eliminar la memoria adquirida mediante un secador.



- Identificar los tubos con codificadores abiertos según su posición en el cable respetando la codificación establecida en la especificación correspondiente a cada tipo de cable.

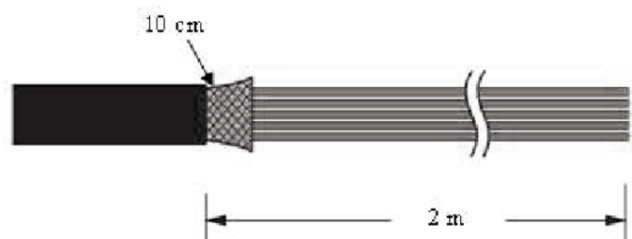
6.1.2 Preparación de los extremos para cable en punta

Las operaciones a continuación descritas deben realizarse sobre los cables ópticos multifibra que se terminan en punta en la caja de empalme Omnireach OTE.

Debido a que la instalación de los cables en la caja se realiza a través de los puertos de entrada/salida correspondientes y mediante las cuñas de retención y elementos de sellado específicos, el diámetro exterior de los cables no puede ser inferior a 9 mm. ni superior a 16 mm.

Las operaciones a realizar para la preparación de los cables con terminación en punta son las siguientes:

- Desde el extremo del cable medir una longitud de 2 m. y realizar una marca.
- Eliminar la cubierta externa del cable hasta la marca realizada.
- Cortar las hilaturas de aramida, dejando una longitud de las mismas de unos 10cm. trenzarlas y encintar el extremo.
- Retirar la cubierta interior dejando una longitud de 2,5 cm.
- Retirar los elementos constructivos del cable (elemento central, cintas de ligadura, cordones autohinchantes.), liberar los tubos y eliminar la memoria adquirida mediante un secador.
- Identificarlos con codificadores abiertos, según la posición de los tubos en el cable y respetando la codificación establecida en la especificación correspondiente a cada tipo de cable

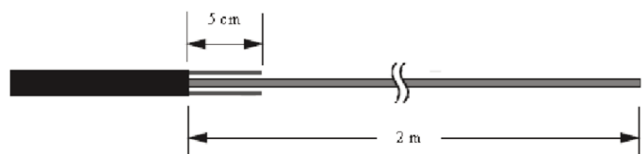


6.1.3 Preparación de cable rabillo CTO multipuerto

Las operaciones a continuación descritas serán de aplicación para los cables ópticos multifibra o rabillos de alimentación (cable plano) de las cajas ópticas multipuerto MST.

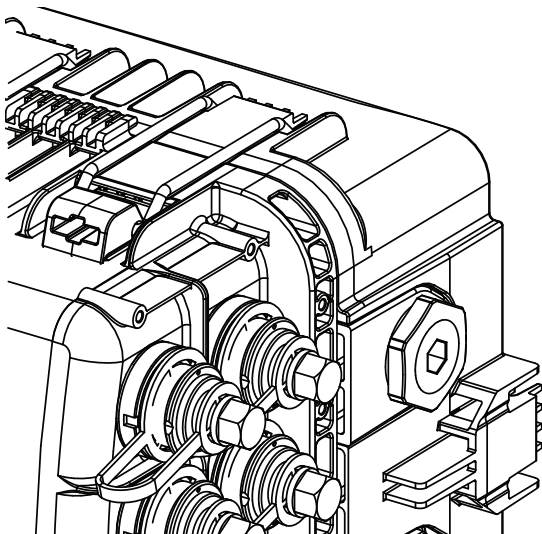
Las operaciones a realizar son las siguientes:

- Desde el extremo del cable medir una longitud de 2 m. y realizar una marca
- Eliminar la cubierta externa del cable hasta la marca realizada.
- Cortar las varillas dieléctricas de refuerzo dejando una longitud de 5 cm. desde la cubierta exterior.



6.2 Apertura de la caja de empalme

Para realizar cualquier operación sobre la caja terminal OTE es necesaria la apertura de la misma soltando los 5 clips de acero existentes en el lateral de la carcasa inferior y que proporcionan el cierre hermético de la misma.



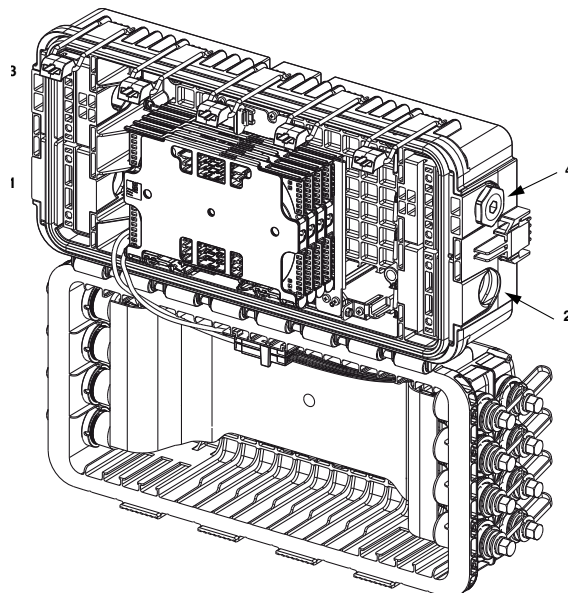
La apertura de estos clips se realiza con la ayuda de un destornillador de punta plana rotando los tensores plásticos que sujetan la carcasa superior.

Finalmente, una vez que se han soltado todos los clips de acero, es posible realizar la apertura de la caja, rotando la cubierta superior sobre la bisagra lateral, que une la carcasa inferior con la superior.

6.3 Instalación de los cables en la CTO

La terminación y configuración de los distintos puertos en la CTO Omnireach OTE dependerá de la terminación de los distintos cables de fibra óptica. En este sentido se puede diferenciar:

- Instalación de cables ópticos multifibra en paso: Puertos 1 y 2
- Instalación de cables ópticos multifibra en punta: Puertos 3, 4 ó 1-2
- Instalación de cables o rabillos CTO multipuerto MST: Puertos 3 o 4



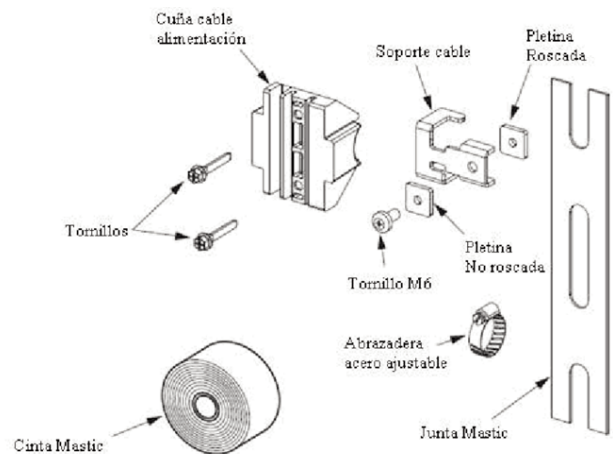
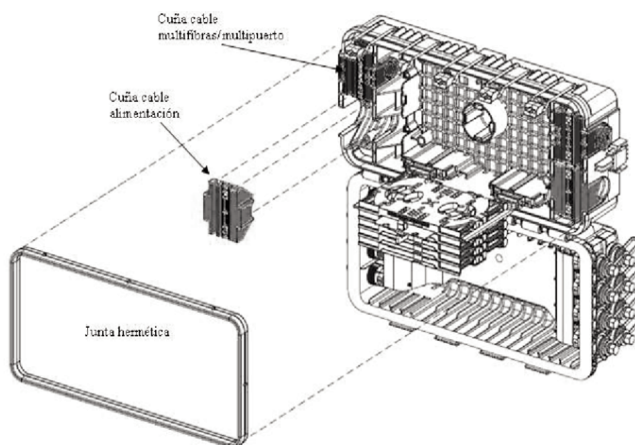
6.3.1 Terminación cables opticos en paso

La caja de empalme Omnireach OTE permite la instalación en paso (entrada/salida) de un cable óptico multifibra tipo PKP de hasta 64 fibras ópticas de capacidad, empleando los puertos situados en la cubierta inferior, los más próximos al eje de rotación de la cubierta superior (puertos 1 y 2).

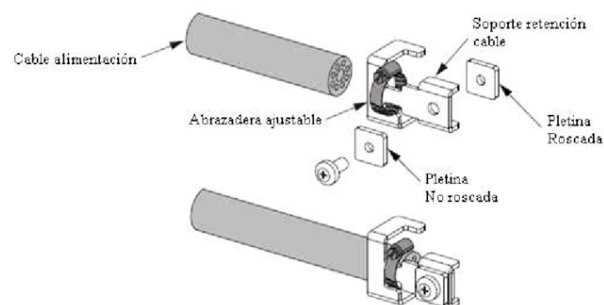
Para cada uno de los extremos se realizarán las siguientes operaciones:

- Abrir la CTO Omnireach OTE tal y como se indica en el apartado 6.2 de este documento.
- Retirar la junta hermética* y las cuñas de retención para cable de alimentación y cable multifibra/multipuerto ubicadas en la carcasa inferior de la caja de empalme.

*Nota: La junta hermética no podrá ser retirada completamente debido a los tubos de transporte de las fibras que van de la cubierta superior a la inferior.

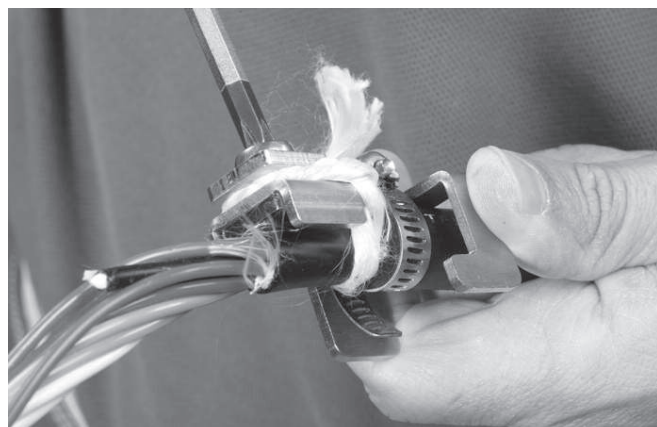
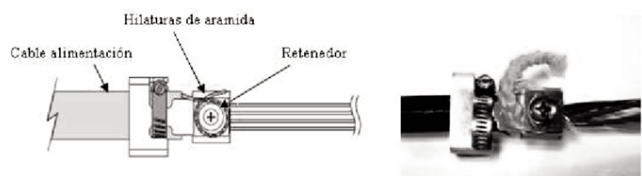


- Localizar los elementos de sellado y retención para cada una de las puntas preparadas del cable de alimentación óptico.



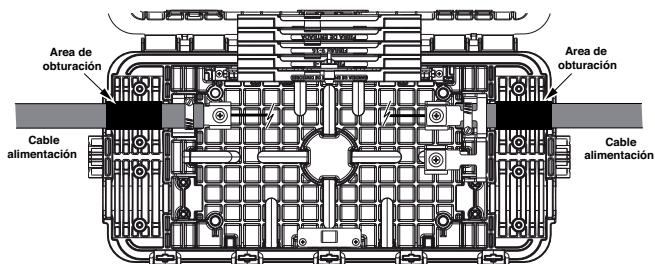
Nota: Para simplificar el esquema solo se representa la cubierta exterior.

- Colocar los soportes de retención del cable (2) en cada uno de los extremos preparados y retener sobre la cubierta exterior con la abrazadera ajustable de acero.

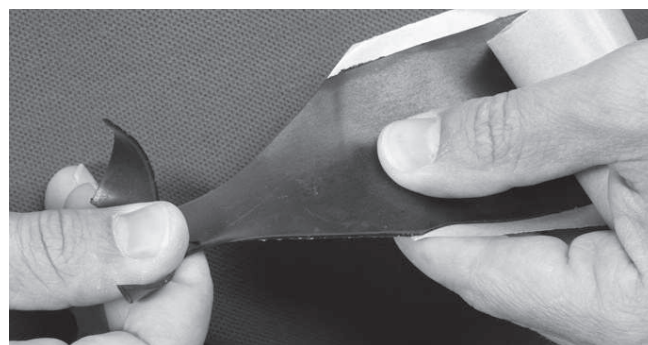
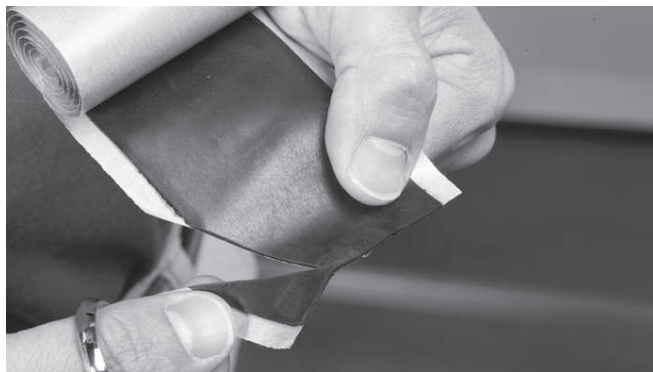
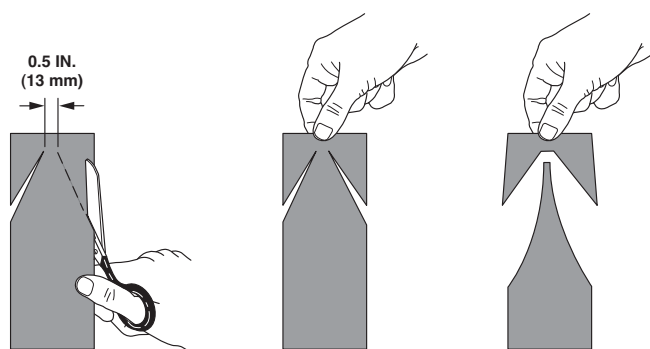


- Amarrar las trenzas de hilaturas de aramida mediante las pletinas de acero y el tornillo de retención.

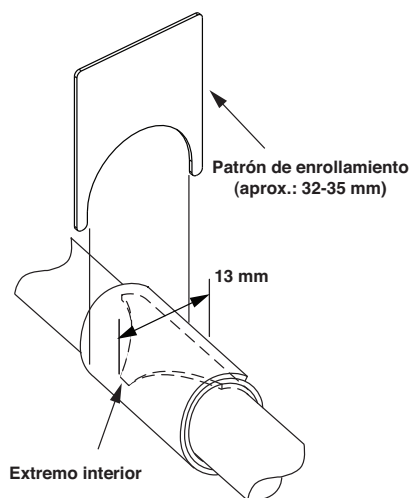
- Verificar la sujeción de los cables y presentar cada uno de los cables en los puertos correspondientes. Marcar la ubicación de las cintas de obturación en la cubierta de cada cable.



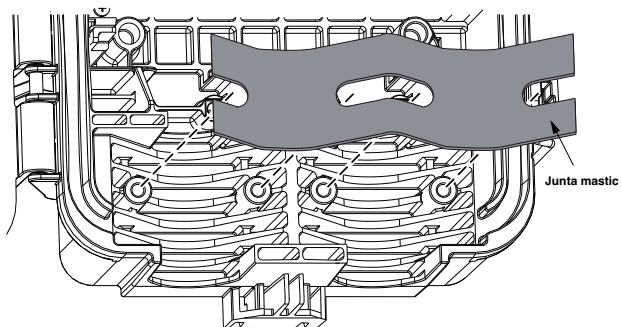
- Cortar la cinta selladora (mastic) según la imagen que se muestra a continuación y estirar del extremo de la cinta hasta que esta se estreche y se separe el extremo final.



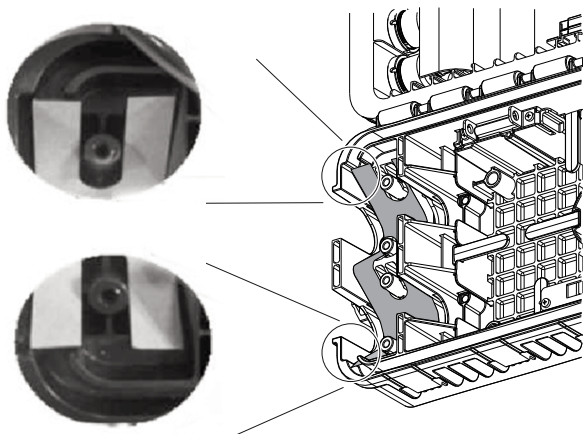
- Aplicar la cinta selladora en la zona marcada de la cubierta del cable y comprobar el diámetro con el patrón de enrollamiento. Se cubrirán al menos 13 mm. del principio de la cinta selladora con el extremo final.



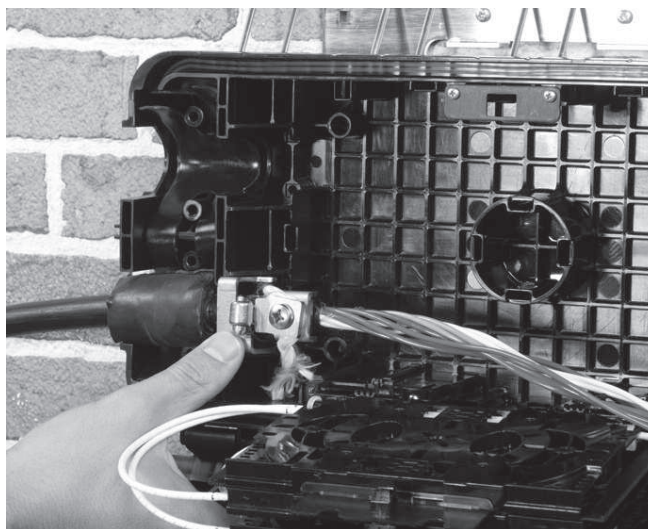
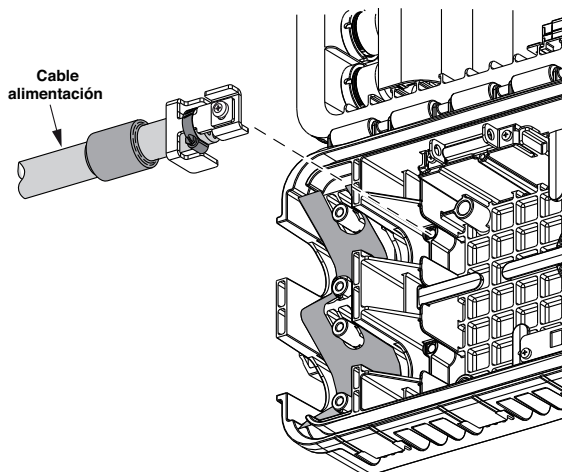
- Posicionar, con ayuda de las perforaciones para tornillos, la junta selladora en la zona de entrada o salida de cables con la cara adhesiva hacia arriba.



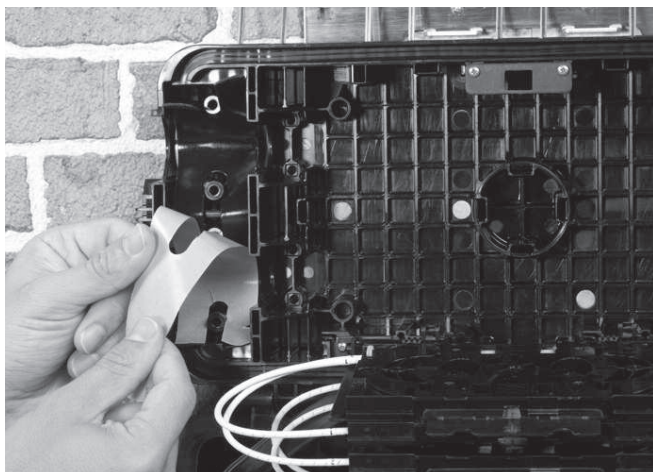
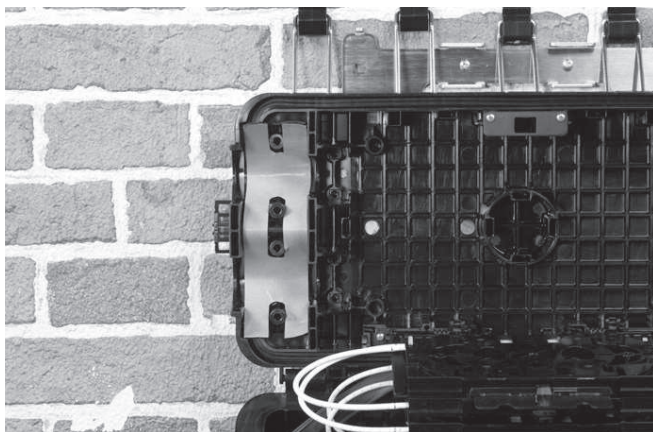
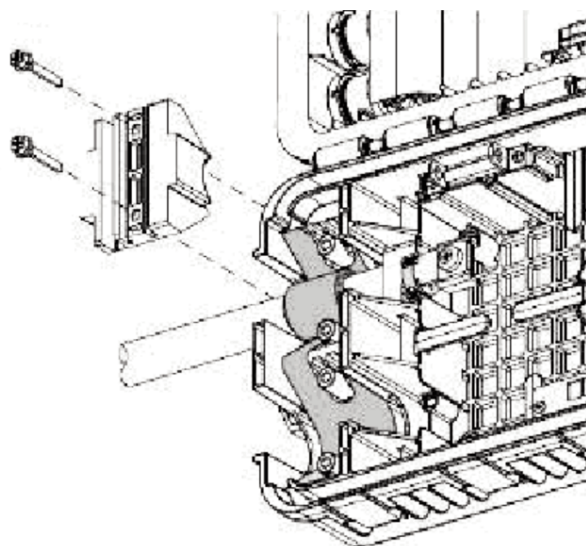
- Verificar que los extremos de la junta sobresalen al menos 5 mm de la superficie de sellado de la carcasa inferior de la caja de empalme.

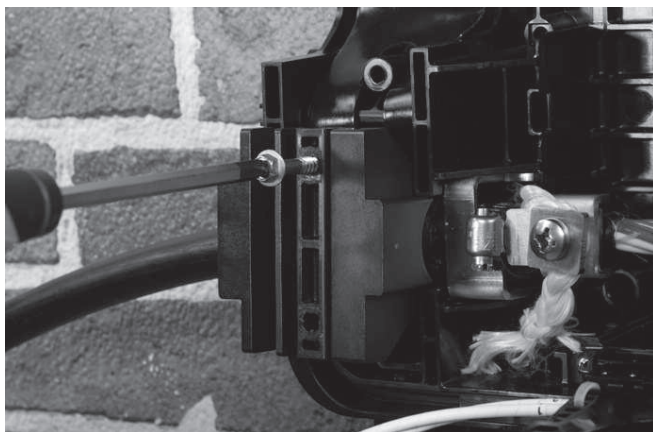


- Retirar el protector de la cara adhesiva de la junta selladora (mastic) y colocar el cable de alimentación. Evitar la contaminación de la cara adhesiva una vez retirado el protector.

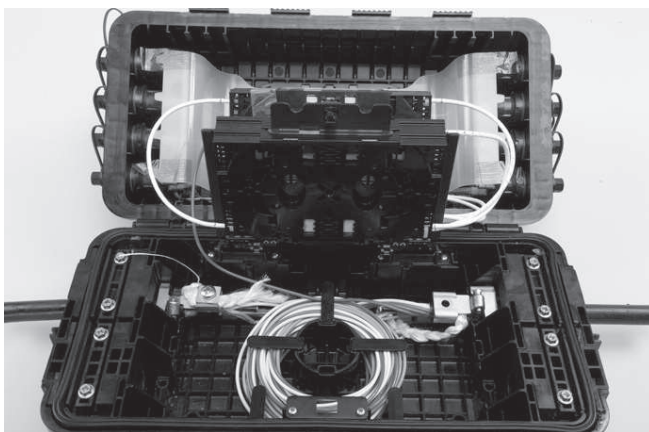


- Colocar la cuña de cable de alimentación y las pletinas de cierre y apretar lentamente los tornillos en orden alterno hasta que la cuña quede cerrada (a la misma altura que el borde de la base de la caja).

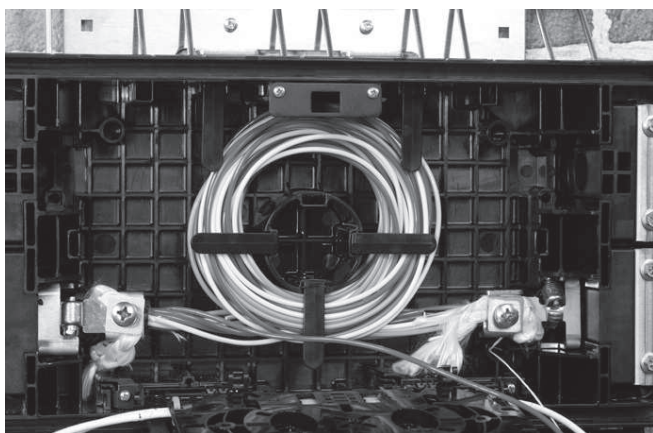




- Los tubos holgados en paso se almacenan en el espacio reservado, al fondo de la caja.



- Repetir las operaciones descritas para el otro extremo del cable y para el resto de puertos de la CTO.
- Una vez instalados los dos extremos del cable de alimentación e instaladas todas las cuñas, se posicionan las pestañas de retención (10) en la interior de la carcasa inferior de la CTO.
- Como norma general, el tubo holgado del cable de alimentación que da servicio a la caja se corta en el extremo alejado de la central.



6.3.2 Terminación cables ópticos en punta

De forma general, la CTO Omnireach OTE presenta una configuración inicial para la instalación de cables ópticos multifibra en paso (puertos 1 y 2), siendo la terminación de cables ópticos multifibra en punta una configuración adicional, que emplea los puertos provistos de cuñas para cable multifibra/multipuerto, los más alejados de la bisagra de rotación (puertos 3 y 4).

Es posible también la instalación de cables ópticos multifibra en punta sobre los puertos 1 y 2 (los puertos de cable en paso) para por ejemplo un elemento final de línea, y en ese caso hay que obturar el puerto no utilizado.

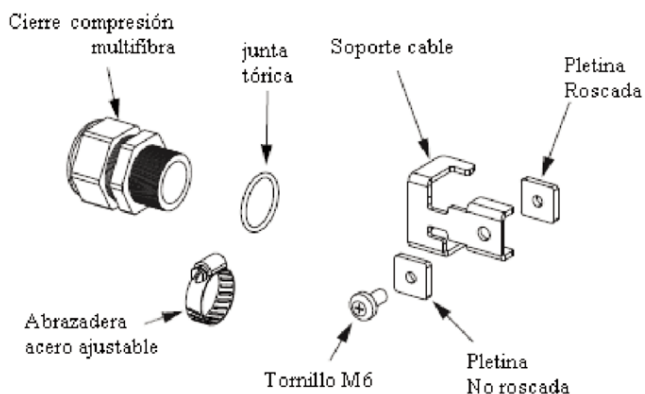
Cable óptico en punta sobre los puertos 3 y 4 (tercer ó cuarto cable generalmente)

La caja de empalme Omnireach OTE permite la instalación en punta de cables ópticos tipo PKP (ERQ.f6.0226 "Cables ópticos multifibra tipo PKP") o TKT (ERQ.f6.0211 "Cables ópticos multifibra multiusos (interior/exterior)") de hasta 64 FO.

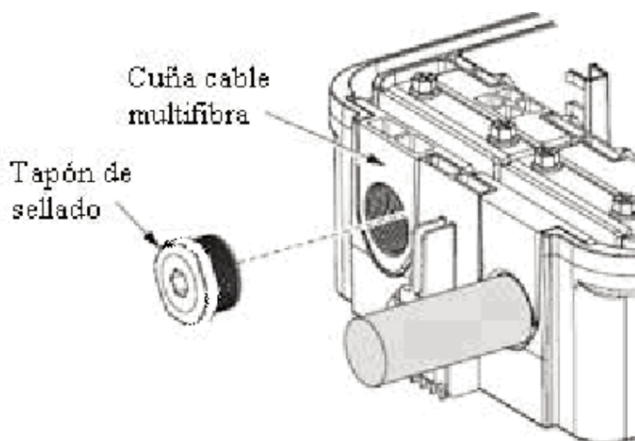
Debido a que la instalación del cable en la caja se realiza a través de las correspondiente cuña de retención y elementos de sellado, el diámetro exterior del cable no puede ser inferior a 9 mm. ni superior a 16 mm.

Para la instalación o terminación del cable ópticos multifibra en punta se realizarán las siguientes operaciones:

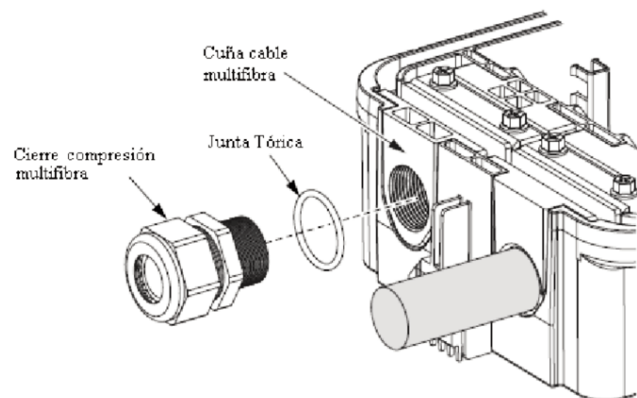
- Determinar el puerto de entrada salida de acuerdo a la distribución de la red de FO.
- Localizar los elementos de sellado y retención para la terminación del cable óptico multifibra en punta.



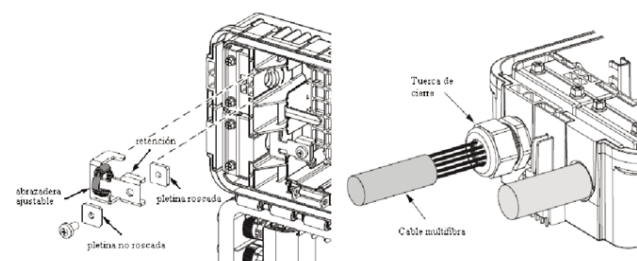
- Retirar el tapón de sellado de la cuña para cable multifibra correspondiente



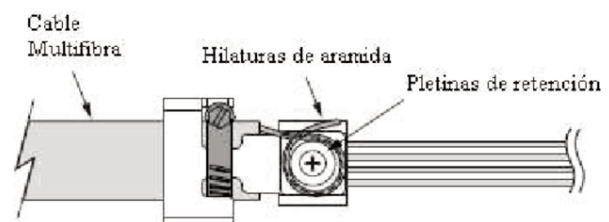
- Instalar los elementos de sellado en la cuña para cable multifibra.v



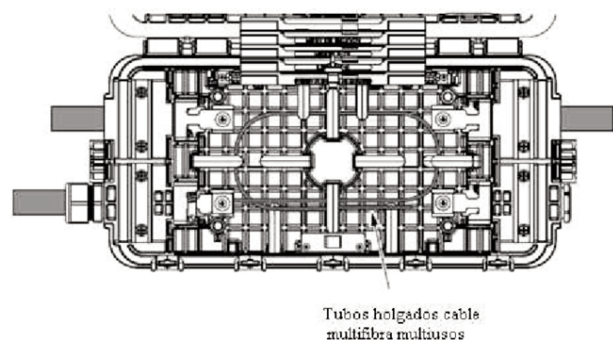
- Posicionar la retención del cable e insertar el cable multifibra por el puerto hasta su correcta posición en el retenedor.



- Apretar y retener el cable mediante la abrazadera ajustable y amarrar las hilaturas de aramida mediante las pletinas de acero y el tornillo de retención.



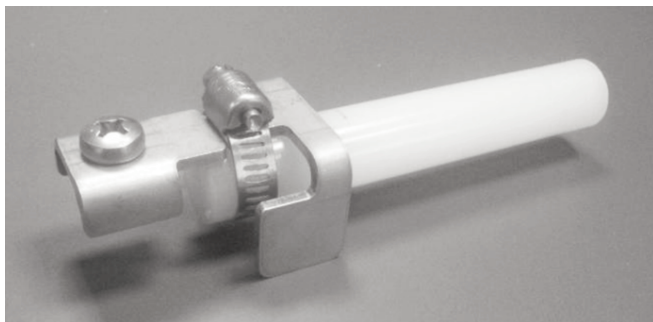
- Apretar la tuerca del cierre de compresión, verificar la sujeción del cable.
- Almacenar los tubos holgados sin servicio en el espacio reservado en la cubierta inferior.



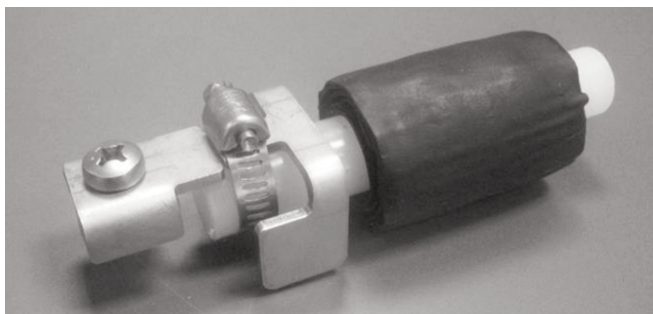
Cable óptico en punta sobre los puertos 1 y 2 (utilizando los puertos de cable en paso para un elemento configurado como final de línea)

Si el despliegue de red lo requiere, es posible terminar un cable óptico en punta sobre los puertos 1 y 2. En este caso el puerto que queda sin cable se obtura con un cilindro provisto con la caja. Este cilindro se va a cubrir con cinta mastic del mismo modo que si fuese un cable, y va a permitir el obturado total de esa entrada sin cable. El proceso es el siguiente:

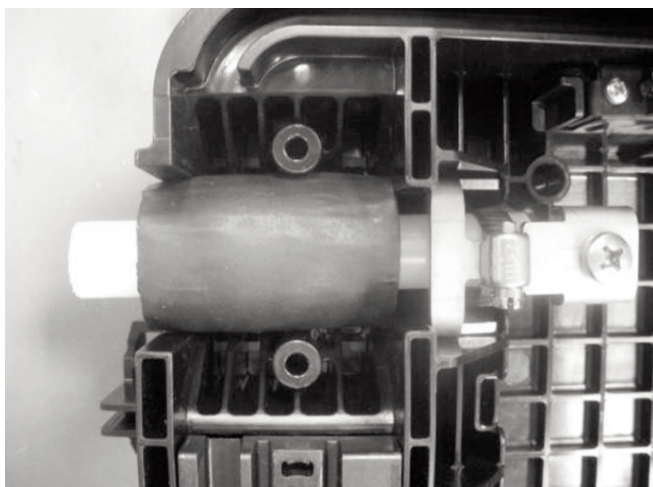
1.- Se asegura el cilindro al retenedor de cable, como se haría con un cable normal.



2.- Se marca sobre el cilindro la zona donde va a ir la cinta mastic (como en un cable normal), y se aplica la cinta hasta el grosor adecuado, el que marca la plantilla provista.



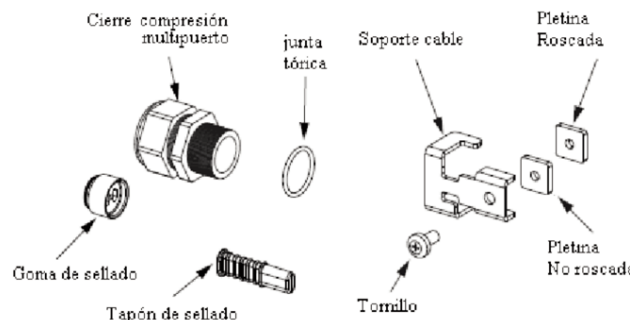
3.- Se posiciona el cilindro cubierto de mastic y con el retenedor en la cavidad de entrada tal y como si fuera un cable normal.



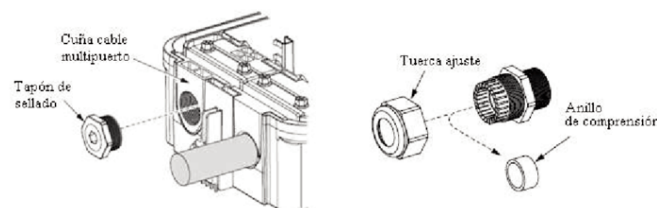
6.3.3 Terminación cable o rabillo CTO multipuerto MST

La instalación en un puerto de entrada de la caja, de hasta dos cables asociados a CTOes multipuerto tipo MST, se realiza mediante la cuña de cable multifibra/multipuerto, empleando uno de los dos puertos situados en la cubierta inferior (los más alejados de la bisagra de rotación de la cubierta superior) y de acuerdo a las siguientes operaciones:

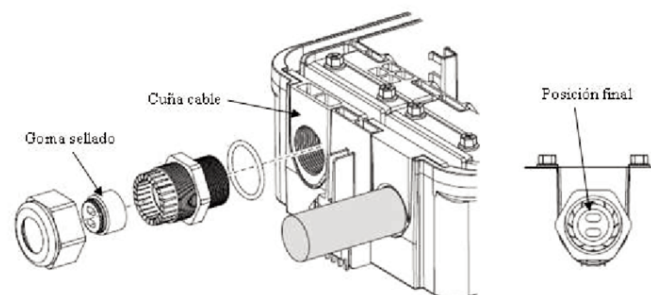
- Determinar el puerto de entrada salida de acuerdo a la distribución de la red de FO.
- Localizar los elementos de sellado y retención para los cables o rabillos de CTO multipuerto MST.



- Retirar el tapón de sellado de la cuña para cable multifibra/multipuerto y retirar el anillo de compresión del cable multifibra.

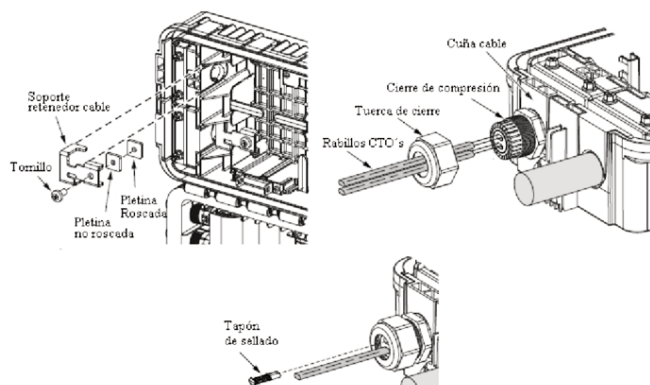


- Colocar la goma de sellado para rabillos de CTOes multipuerto e instalar los elementos de cierre y sellado en la cuña para cable multifibra/multipuerto respetando la posición final de la goma de sellado.

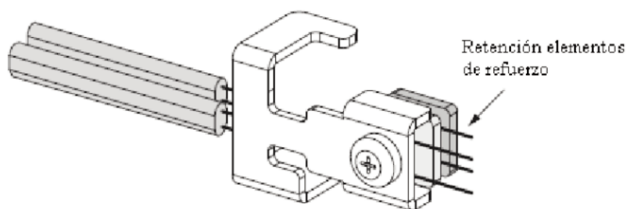


- Posicionar la retención en la CTO e insertar los cables o rabillos por el puerto

Nota: Si únicamente se va a instalar un cable o rabillo de CTO se deberá obturar la entrada superior de la goma mediante tapón de sellado.



- Retener los cables o rabillos de CTO mediante los elementos de refuerzo, las pletinas de acero y el tornillo de retención.



- Apretar la tuerca del cierre de compresión, verificar la sujeción de los cables o rabillos de CTO y almacenar el tubo holgado en el espacio reservado de la cubierta inferior.

6.4 Terminación de tubos holgados y empalmes de fibras ópticas

En este apartado se definen las operaciones necesarias para realizar las diferentes terminaciones y empalmes de fibra en la CTO Omnireach OTE.

6.4.1 Empalme entrada del divisor a fibras cable de alimentación

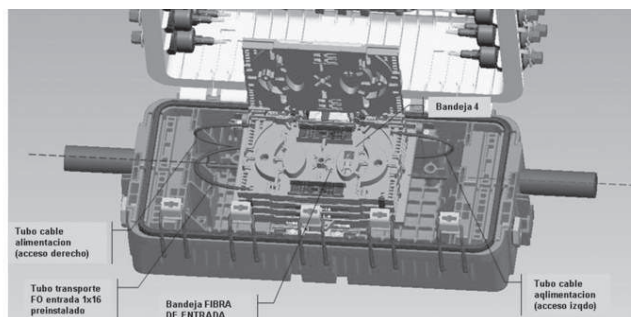
En este apartado se definen las operaciones necesarias para realizar el empalme de una de las fibras de un cable instalado en paso con la entrada del divisor óptico 1x16.

De forma general, el tubo holgado que dará servicio a la caja se corta en el extremo más alejado de la central aunque excepcionalmente puede ser necesario dejar alguna de las fibras del tubo en paso, circunstancia que se detalla más adelante.

A modo de ejemplo se describen las operaciones realizadas sobre un cable de 64 FO tipo PKP:

- Seleccionar el tubo holgado que dará servicio al divisor 1x16 y cortarlo en el extremo más alejado de la central.
- Retirar la tapa de la bandeja y llevar el tubo desde la base de la caja hasta la bandeja de empalme nº 4, respetando el radio mínimo de curvatura del mismo.
- Posicionar el tubo en la zona de fijación de la bandeja y hacer una marca a unos 2 cm del borde de la bandeja.
- Eliminar el tubo holgado a partir de dicha marca.
- Amarrar el tubo mediante bridas plásticas o cintillos.

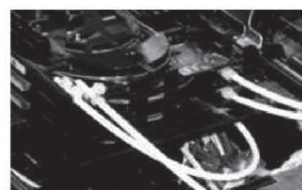
Nota: Si el acceso del cable de alimentación se produce por la entrada derecha de la CTO, el acceso del tubo a las bandeja debe realizarse por la izquierda y viceversa.



- Identificar el tubo con codificadores abiertos de acuerdo a su posición en el cable de alimentación y limpiar las fibras.



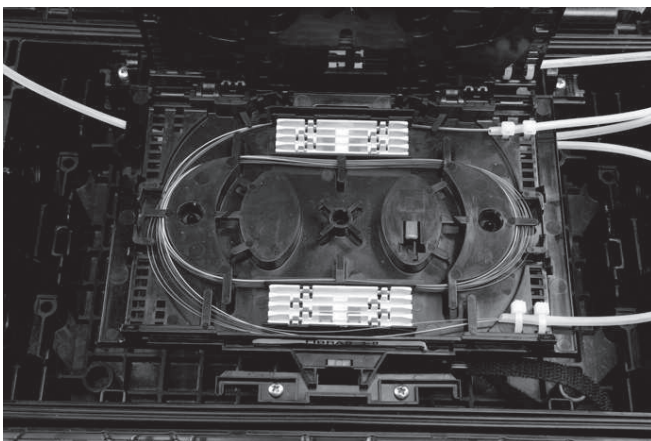
Tubo con acceso de cable alimentación por lateral drcho. de CTO



Tubo con acceso de cable alimentación por lateral izqdo. de CTO

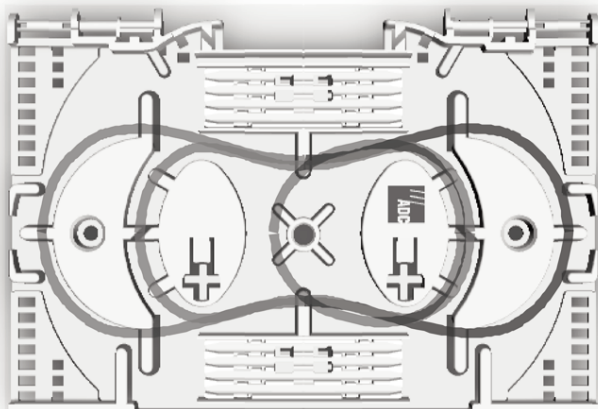
- Limpiar las fibras e identificar la que alimentará el divisor 1 x 16.

Nota: Si la fibra de alimentación entra en la bandeja de empalme por la derecha (entrada izquierda del cable en paso) deberá realizarse el correspondiente cambio de sentido.



- Extraer de la bandeja la fibra de entrada del divisor óptico.
- Cortar, preparar y realizar los empalmes de fusión
- Almacenar el empalme realizado en el primer soporte para protector libre, comenzando en la posición más próxima al eje de rotación de la bandeja.
- Almacenar las fibras fusionadas en los discos.
- Almacenar el resto de las fibras en paso en los discos de la bandeja.

Dependiendo de la longitud de las fibras ópticas a almacenar, pueden que sea necesario utilizar diferentes discos y canales para realizar un correcto almacenamiento.



- Finalmente se cierra la caja de acuerdo al apartado 6.5 de este documento, donde se define el procedimiento de sellado y cierre de la CTO.

Excepcionalmente, y si es necesario dejar alguna de las fibras del tubo en paso, se deberá realizar el sangrado del tubo en el interior de la bandeja. Se procederá de la siguiente forma:

- Seleccionar el tubo holgado que dará servicio al divisor 1x16 y guiarlo hacia la bandeja de empalme nº 4, por ambos extremos y respetando el radio mínimo de curvatura del tubo.
- Posicionar el tubo en la zona de fijación de la bandeja y hacer en ambos extremos una marca a unos 2 cm del borde de la bandeja.
- Retirar la cubierta del tubo holgado entre marcas mediante el pelador para sangrado de tubos.
- Amarrar los tubos mediante bridas plásticas o cintillos e identificarlos con codificadores abiertos de acuerdo a su posición en el cable de alimentación.
- Fusionar y almacenar las fibras de alimentación y de entrada del divisor 1 x 16 tal y como se ha descrito anteriormente.
- Almacenar en la bandeja el resto de fibras del tubo que quedan en paso.

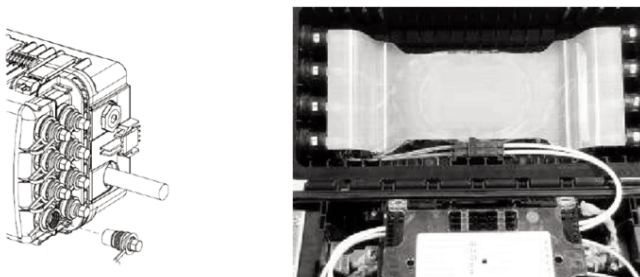
Si la terminación del cable de alimentación se realiza en punta, el procedimiento será similar al detallado anteriormente.

6.4.2 Empalme salidas divisor 1x16 a rabillos SCI/APC

(Para el caso de que las fibras de salida del divisor vengan no conectorizadas)

En este apartado se definen las operaciones necesarias para realizar, el empalme de las 16 salidas del divisor a las correspondientes fibras de los rabillos con conector SC/APC que terminan en los puertos de la CTO. **Esta operación es necesaria si las fibras del divisor no vienen ya conectorizadas e insertadas en estos puertos, siendo esto último lo habitual. Si las salidas del divisor vienen ya conectorizadas no hay que hacer ninguna fusión de las salidas, puesto que en las bandejas 2 y 3 sólo se almacena excedente de fibra, pero no se realiza ninguna fusión.**

La caja de empalme Omnireach OTE dispone, situados en los laterales de la cubierta superior, 8 ó 16 puertos ópticos SC/APC para la conexión de acometidas preconectorizadas de exterior.



Cada uno de los puertos ópticos está compuesto por un adaptador tipo SC/APC reforzado y un rabillo monofibra SC/APC que discurre desde la cubierta superior, a través de un buffer de transición y los correspondientes tubos de transporte, hasta las bandejas de empalme número 2 y/o 3.

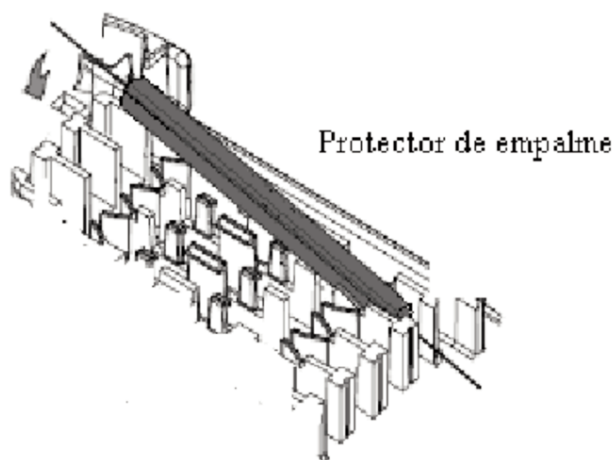
Cada bandeja almacena a su vez, las fibras correspondientes a las salidas del divisor óptico 1x16 que se distribuyen desde la bandeja número 1. La bandeja número 2 albergará los empalmes de las fibras y puertos 1-8 y la bandeja número 3 albergará los empalmes de fibras y puertos 9-16.

Las operaciones necesarias para realizar los empalmes de las fibras de salida del divisor (1x16) con las correspondientes fibras de los puertos ópticos son las siguientes:

- Acceder a la bandeja de empalme correspondiente (FIBRAS 1-8; FIBRAS 9-16) rotando las bandejas de empalme superiores y retirar la cubierta protectora.
- Identificar y recuperar completamente las fibras de salida del divisor y las fibras de los puertos ópticos de acuerdo a la siguiente tabla:

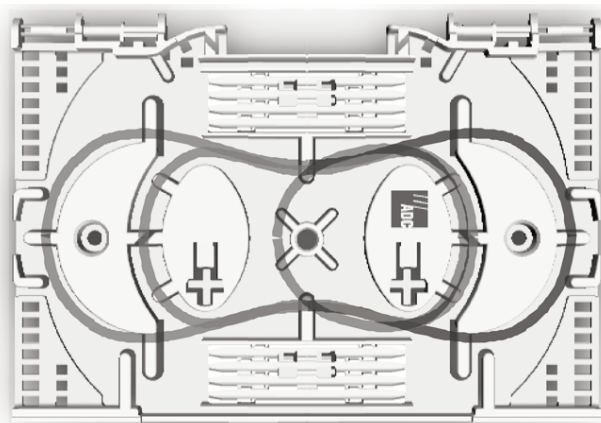
Bandeja 2		Bandeja 3	
Puerto	Color	Puerto	Color
1	Azul	9	Azul
2	Naranja	10	Naranja
3	Verde	11	Verde
4	Marrón	12	Marrón
5	Gris	13	Gris
6	Blanco	14	Blanco
7	Rojo	15	Rojo
8	Negro	16	Negro

- Cortar, preparar y realizar los empalmes de fusión entre las fibras de salida del divisor y las fibras correspondientes a los puertos ópticos (rabillos).
- Almacenar los empalmes realizados en los soportes correspondientes, comenzando desde la posición más próxima al eje de rotación de la bandeja.



- Almacenar las fibras fusionadas en los discos, cerrar la tapa de la bandeja de empalme y anotar la información correspondiente al empalme realizado en la etiqueta.

Dependiendo de la longitud de las fibras ópticas a almacenar, pueden que sea necesario utilizar diferentes discos y canales para realizar un correcto almacenamiento.



- Una vez realizados todos los empalmes necesarios, se cierra la caja de acuerdo al apartado 6.5 de este documento, donde se define el procedimiento de sellado y cierre de la CTO.

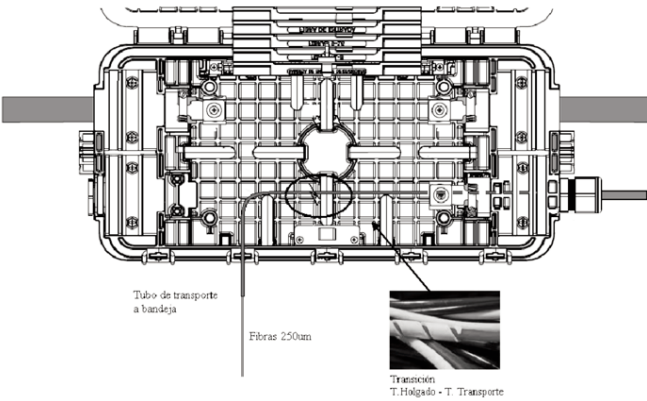
6.4.3 Empalme salidas divisor 1x16 a CTO multipuerto MST

En este apartado se definen las operaciones necesarias para realizar el empalme de 8 fibras del divisor 1x16 con las correspondientes fibras de alimentación de los CTOes multipuerto MST. Esta terminación a CTOes multipuerto tipo MST (1 con 8 puertos ópticos o 2 con 4 puertos ópticos) será de aplicación cuando la CTO Omnireach OTE presente en la cubierta superior 8 puertos ópticos SC/APC, o en los casos especiales en los que la caja se equipe con 2 divisores de 1 x 16.

A modo de ejemplo se describen las operaciones realizadas para dar continuidad a las fibras de un cable asociado a una CTO multipuerto MST de 8 salidas ópticas:

Rotar todo el conjunto de bandejas de empalme y acceder al espacio reservado en la carcasa inferior, donde se han almacenado y reservado el tubo holgado correspondiente al cable o rabillo del CTO multipuerto tipo MST (ver apartado 6.3.3 Cable o rabillo CTO multipuerto MST).

Marcar y retirar el tubo a 15 cm. desde la retención del cable
Limpiar las fibras.
Instalar en el extremo del tubo holgado un tubo de transporte (aprox. 30cm) que guiarán las fibras hasta la bandeja de empalme correspondiente.
Posicionar la transición a tubo de transporte en la zona media de la cubierta inferior.



- Acceder a la bandeja de empalme donde están almacenadas las fibras vacantes del divisor 1x16 (bandeja 2 o bandeja 3) y retirar la cubierta protectora.
 - Guiar el tubo de transporte hasta la bandeja correspondiente y amarrarlo mediante bridas plásticas o cintillos.
- Nota: Si el acceso del cable o rabillo de CTO multipuerto se produce por la entrada derecha de la caja de empalme, el acceso del tubo de transporte a la bandeja se realizará por la izquierda y viceversa.
- Identificar y recuperar completamente las fibras de salida del divisor y las fibras del multipuerto de acuerdo a la siguiente tabla:

Rabillo CTO		Bandeja 3 ó 4	
Fibra	Color	Puerto	Color
1	Azul	1/9	Azul
2	Naranja	2/10	Naranja
3	Verde	3/11	Verde
4	Marrón	4/12	Marrón
5	Gris	5/13	Gris
6	Blanco	6/14	Blanco
7	Rojo	7/15	Rojo
8	Negro	8/16	Negro

- Cortar, preparar y realizar los empalmes de fusión entre las fibras.
- Almacenar los empalmes realizados en los soportes correspondientes, comenzando desde la posición más próxima al eje de rotación de la bandeja.
- Almacenar las fibras fusionadas en los discos, cerrar la cubierta de la bandeja de empalme y anotar la información correspondiente al empalme realizado en la etiqueta, similar a lo descrito en apartados anteriores.
- Finalmente se cierra la caja de acuerdo al apartado 6.5 de este documento, donde se define el procedimiento de sellado y cierre de la CTO.

6.4.4 Empalme de fibras para servicios punto a punto

Para las altas de fibras punto a punto, los rabillos correspondientes a las salidas con mayor numeración de la caja, empezando por la última (16), se llevan, mediante un tubo de transporte, a la bandeja 4 y se empalman con la fibra correspondiente de alimentación.

Si el rabillo estaba empalmado a una salida del divisor, se deberá romper previamente este empalme.

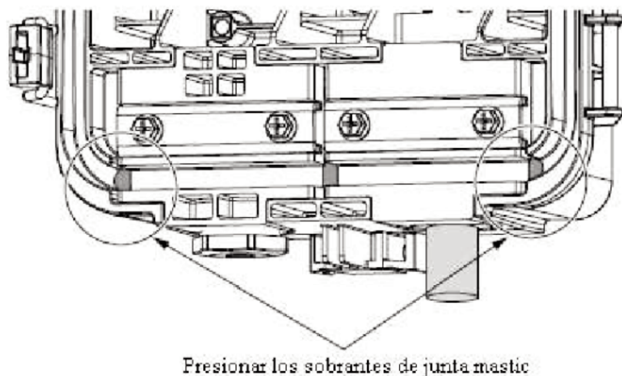
El procedimiento a seguir será similar a lo descrito en apartados anteriores.

6.5 Sellado y cierre de la caja

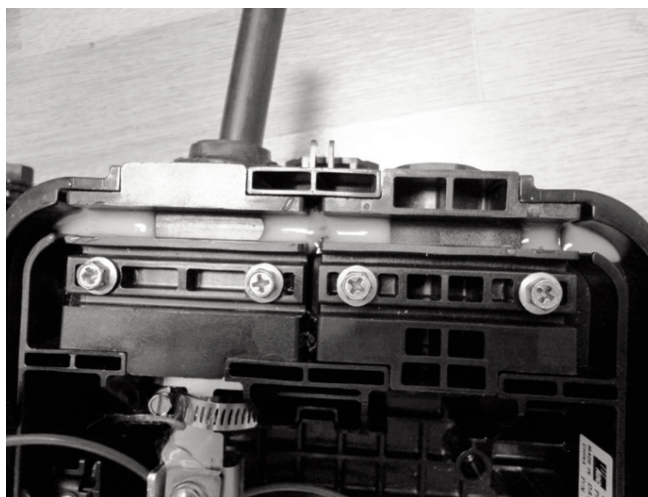
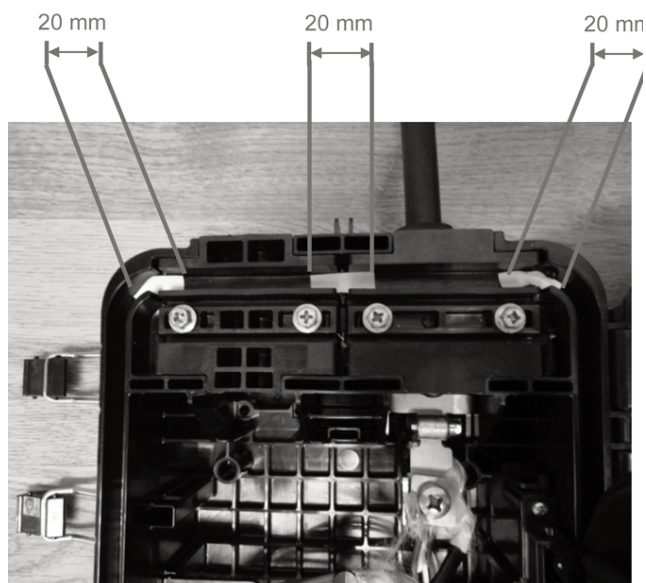
La CTO Omnireach OTE presenta un anillo o junta hermética que proporciona, una vez cerrada la caja, un cierre estanco entre las carcasas.

Para la correcta instalación de la junta hermética en la CTO OTE se realizarán las siguientes operaciones:

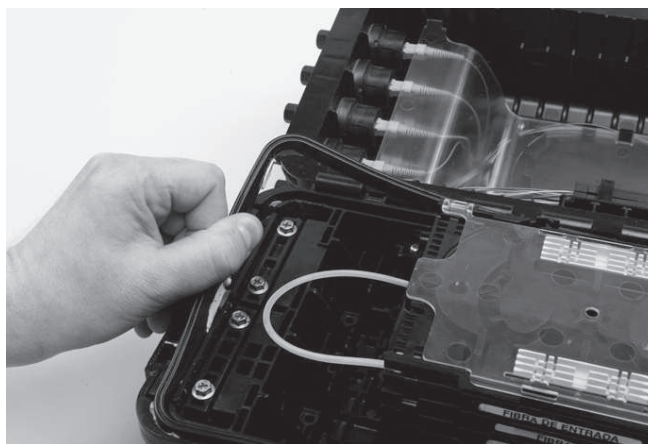
- Una vez posicionadas todas las cuñas de cable en los distintos puertos de la caja, presionar los sobrantes de junta mastic sobre el fondo del canal destinado a albergar la junta hermética.



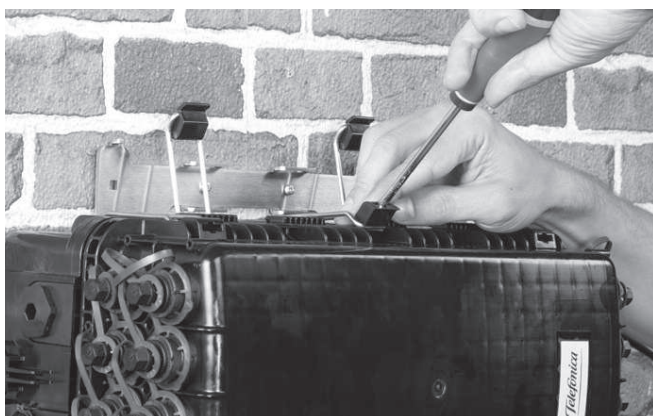
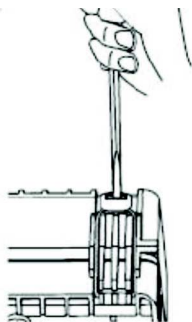
- Antes de reposicionar la junta hermética en su canal, hay que añadir una pequeña capa de grasa de sellado, sobre los puntos en que sobresale la cinta mastic, con un ancho de unos 20mm en cada punto que se aplica la grasa, tal como se muestra en las figuras siguientes.



- Ahora ya se puede instalar la junta hermética en su carril.



- Posicionar la goma o anillo hermético en la carcasa inferior de la CTO OTE, rotar la cubierta superior sobre la inferior y cerrar la caja mediante los 5 clips de cierre y los tensores plásticos, que se cerrarán con ayuda de un destornillador.



Nota: Una vez posicionado el anillo hermético, este no podrá ser retirado porque los sobrantes de cinta mastic de las cuñas de cable quedan pegados al mismo.

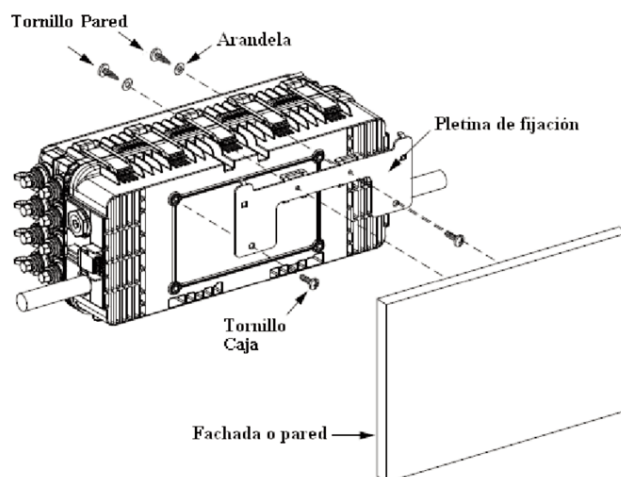
6.6 Fijación de la CTO OMNIREACH OTE

La CTO Omnireach OTE una pletina y los herrajes correspondientes para su fijación en pared o poste.

6.6.1 Montaje en fachada o superficie vertical

Para la instalación de la CTO Omnireach OTE sobre pared o paramento vertical realizar las siguientes operaciones:

- Presentar la pletina de fijación sobre la pared o el paramento vertical y marcar la posición de los taladros.
- Realizar los taladros con la correspondiente broca de 6 mm.
- Acoplar el elemento de fijación a la base de la caja.

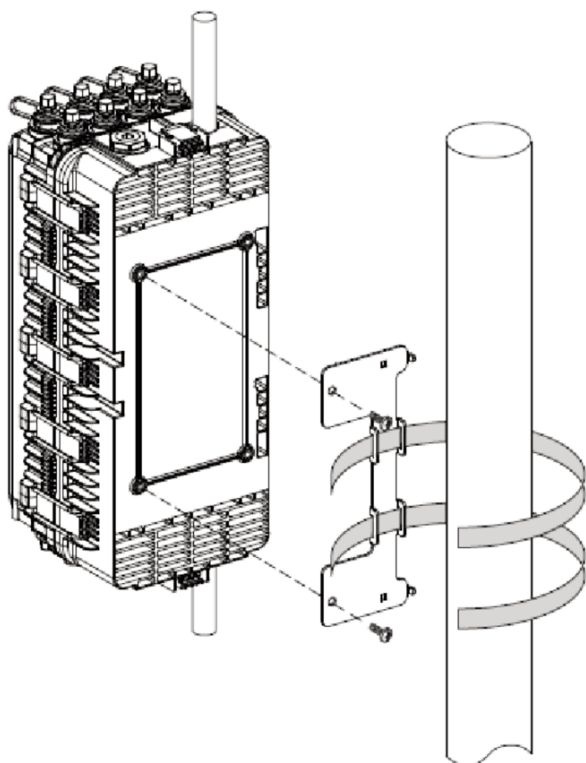


- Sujetar la caja en la pared, mediante la pletina de fijación, con tacos y tornillos de 6 mm.
- La caja quedará instalada con los cierres y clips de sujeción mirando hacia arriba.

6.6.2 Montaje en poste

Para la instalación de la CTO Omnireach OTE sobre poste realizar las siguientes operaciones:

- Acoplar el elemento de fijación a la base de la caja y colocar en las orejetas del soporte, los cintillos de plástico reutilizables.
- Posicionar la caja en el poste, con las abrazaderas alrededor del mismo, pasando las puntas de los cintillos por la cabeza de amarre y apretándolas hasta la fijación de la caja.

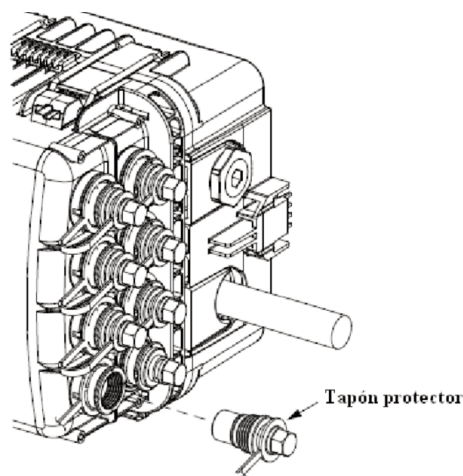


7 Conexión de las acometidas preconectorizadas

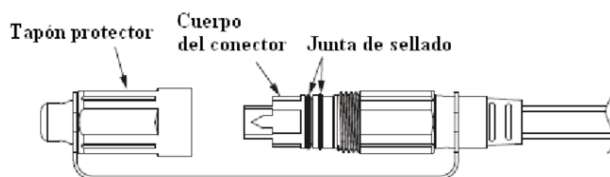
En este apartado se describen las operaciones necesarias para la conexión de las acometidas preconectorizadas en la caja de empalme Omnireach OTE.

Para la conexión de las acometidas preconectorizadas realizar las siguientes operaciones:

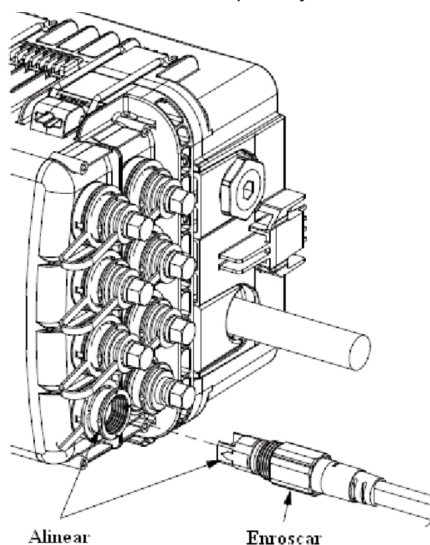
- Retirar los tapones de los conectores SC/APC de la cubierta superior de la caja.



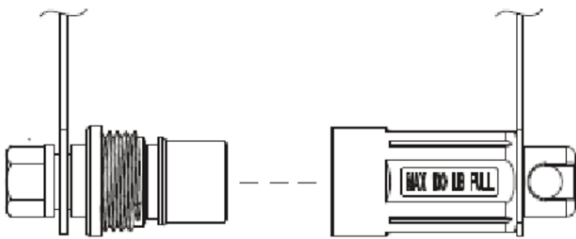
- Limpiar los adaptadores según se explica en el anexo nº 1
- Retirar el tapón protector del conector SC/APC del cable de acometida preconectorizado (rotando el cuerpo del conector) y limpiar la ferrule tal y como se describe en el Anexo nº 2.



- Insertar el conector reforzado SC/APC del cable de acometida preconectorizado en el puerto correspondiente alineando la flecha del conector con la marca guía o rebaje del adaptador del puerto. Enroscarlo hasta su completa fijación.



- Finalmente enroscar los tapones protectores del adaptador y del conector SC/APC.



Relación de anexos

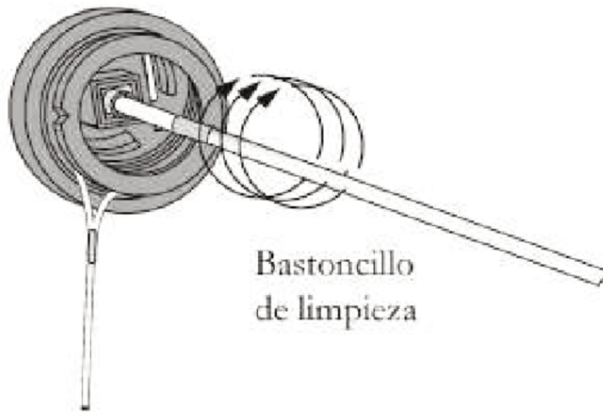
Anexo 1. Limpieza de los adaptadores reforzados SC/APC

Anexo 2. Limpieza de conectores preconectorizados

Anexo 3. Cable óptico plano CTO multipuerto

Anexo 1 Limpieza de los adaptadores reforzados SC/APC

- Tras retirar los tapones de los adaptadores, limpiar el interior del adaptador con un bastoncillo y dar 3 vueltas ejerciendo una ligera presión.
- No utilizar isopropanol con los bastoncillos.

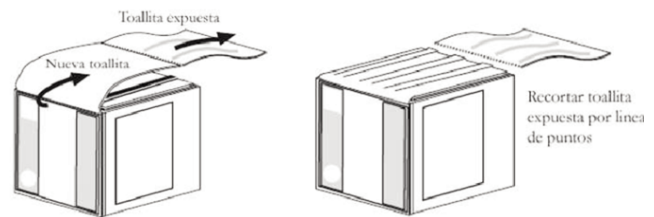


- **NOTA IMPORTANTE:** En caso de que la caja haya estado instalada y la conexión de las acometidas preconectorizadas sea posterior y la caja presente suciedad o humedad, será necesario limpiar externamente los tapones antes de retirarlos, de forma que se evite la entrada de suciedad a la conexión. Utilizar una gasa o paño con agua limpia y secar posteriormente.

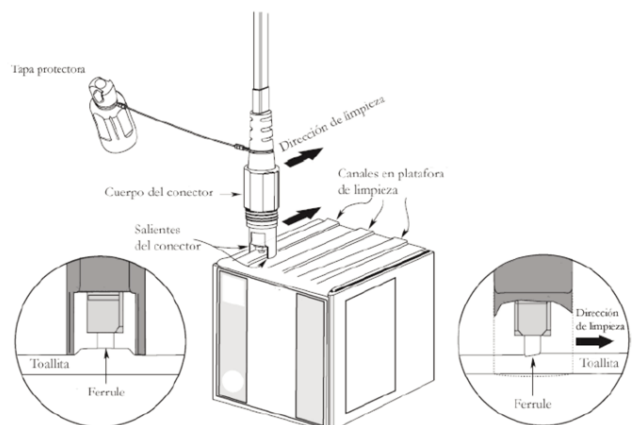
- Para retirar los tapones, girar la caja de forma que los tapones queden mirando hacia el suelo (para evitar la entrada en el adaptador de suciedad o humedad presente en la caja) y en esta posición desenroscar el tapón seleccionado.

Anexo 2 Limpieza de conectores preconectorizados

- Para limpiar los conectores reforzados SC/APC de los cables de acometida preconectorizados utilizar toallas ópticas de celulosa o kits de limpieza específicos.
- Tirar del extremo de la toallita para sacar una nueva y eliminar la existente por la línea de puntos.



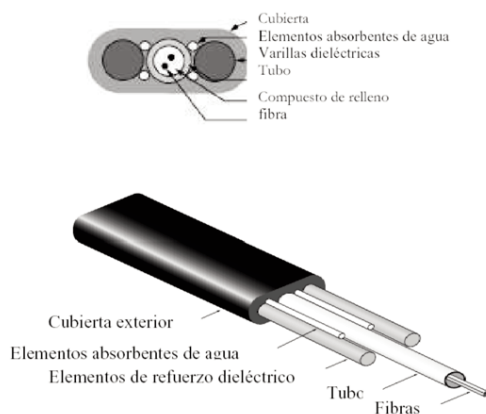
- Quitar la tapa protectora del conector rotando el cuerpo de mismo
- Alinear los salientes del conector de manera que la ferrule quede centrada en uno de los canales de la plataforma de limpieza. En conectores angulados (APC) asegurarse de que la superficie angulada se encuentra en la dirección de limpieza.
- Sostener la ferrule del conector a 90° de la plataforma de limpieza y arrastrar ligeramente la superficie de la ferrule sobre la plataforma
- Volver a pasar la ferrule por los otros dos canales de la plataforma antes de conectarlo al adaptador de la caja, en ningún caso pasar la ferrule por un canal ya usado.



Anexo 3 Cable óptico plano CTO multipuerto

El cable asociado a la caja tendrá un número de fibras igual al de puertos de la misma. Es un cable dieléctrico, apto para instalaciones aéreas, en fachada y canalizadas. Con diseño plano, presenta una resistencia máxima a la tracción de 1350 N.

Vista transversal del cable asociado a la caja:



Características del cable:

Diámetro del tubo: 3,0 mm

Peso del cable: 30 Kg/Km

Dimensiones nominales: 8,1 x 4,4 mm

Radio mínimo de instalación: 8 cm

Este cable sale de las cajas preconectorizadas multipuerto con un nº de fibras igual a los adaptadores de la CTO multipuerto

El extremo final del cable se llevará hasta otro elemento, CTO preconectorizada, caja de empalme, donde se realizará el empalme de sus fibras a las fibras de un cable de distribución o a la salida de los divisores.

Tyco Electronics Raychem bvba

Diestsesteenweg 692
B-3010 Kessel-Lo, Belgium
Tel.: 32-16-351 011
Fax: 32-16-351 697
www.te.com
www.telecomnetworks.com

TE (logo) and TE Connectivity are trademarks of the TE Connectivity group of companies and its licensors.

While TE Connectivity and its affiliates referenced herein have made every reasonable effort to ensure the accuracy of the information contained in this catalog, TE Connectivity cannot assure that this information is error free. For this reason, TE Connectivity does not make any representation or offer any guarantee that such information is accurate, correct, reliable or current. TE Connectivity reserves the right to make any adjustments to the information at any time. TE Connectivity expressly disclaims any implied warranty regarding the information contained herein, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose. TE Connectivity' only obligations are those stated in TE Connectivity' Standard Terms and Conditions of Sale. TE Connectivity will in no case be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising from or in connection with, including, but not limited to, the sale, resale, use or misuse of its products. Users should rely on their own judgment to evaluate the suitability of a product for a certain purpose and test each product for its intended application.

Caja de Empalme de Fibra Óptica en línea sellada con gel

Contenido	1	General	4	Montaje de la caja en pared
	1.1	Contenido de la instrucción de instalación	5	Preparación del cable
	1.2	Descripción del producto	6	Instalación del cable
	2	Capacidad y descripción del conjunto	7	Preparación de las fibras
	2.1	Capacidad	8	Empalme y almacenamiento de las fibras
	2.2	Contenido del kit	9	Cierre de la caja
	3	Condiciones y precauciones de instalación	10	Re apertura de la caja

1 General

1.1 Contenido de la instrucción de instalación

Esta Instrucción de instalación describe los pasos necesarios para instalar la caja de empalme FOSC-350C con cables de tubos holgados. Su instalación con otro tipo de cable (de núcleo ranurado o núcleo central), es necesario seguir otros pasos de instalación.

1.2 Descripción del producto

La caja de empalme de fibra óptica en línea sellada con gel FOSC-350C es apta para realizar empalmes de cables en la planta externa de la red de telecomunicaciones, así como para la instalación de divisores ópticos. Su capacidad máxima es de 144 empalmes y de 12 divisores y soporta los entornos de instalación aérea, subterránea o directamente enterrada. El sellado se logra mediante el uso de elementos de sellado de gel, que resulta sumamente conveniente para las operaciones de reapertura y resellado. La caja de empalme posee cuatro puertos para cable, dos a cada lado de la misma.

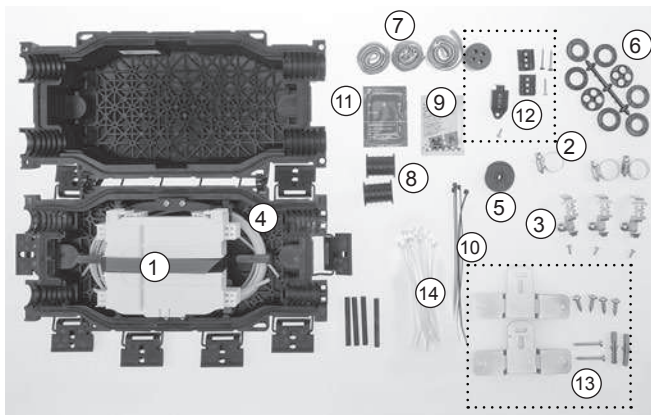
2 Capacidad y descripción del conjunto

2.1 Capacidad

Rango de cables de entrada 8 – 17 mm

- Número de fusiones hasta 144 en 6 bandejas
Número de divisores hasta 12 en 6 bandejas
- Número de fusiones hasta 96 en 4 bandejas
Número de divisores hasta 12 en 4 bandejas

2.2 Contenido del kit



1. Bandeja de empalme con porta empalme
2. Abrazaderas de sujeción del cable
3. Bridas de sujeción del cable
4. Tubos de transporte
5. Cinta de espuma
6. Juego de anillos de cierre estanco
7. Tira de gel
8. Tapón ciego
9. Paño de limpieza
10. Cintillos negros resistentes a los rayos UV
11. Aceite de silicona
12. Kit de sellado para 4 cables
13. Kit de sujeción a pared/poste
14. Cintillos blancos

3 Condiciones y precauciones de instalación

- 3.1 Las cajas de empalme pueden instalarse a una temperatura ambiente de entre -5°C y 40°C.
- 3.2 Siga los pasos indicados en esta guía para garantizar las prestaciones de la caja de empalme.
- 3.3 Es necesario tomar la precaución de mantener limpio el lugar de trabajo para proteger los materiales de sellado de la caja y los empalmes.

4 Montaje de la caja en pared

- 4.1 Fije con dos tornillos cada uno de los dos soportes a la parte posterior de la base.

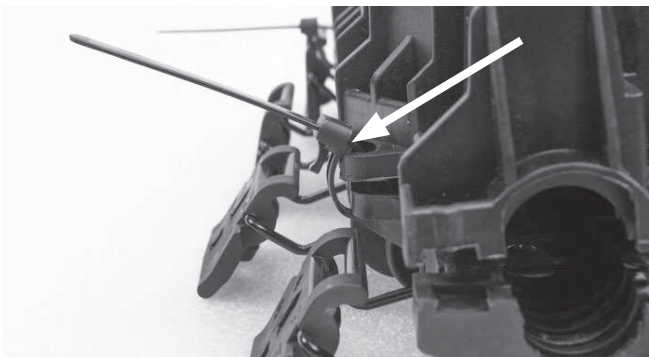


- 4.2 A continuación elija el lugar donde vaya a instalar la caja y fije los anclajes metálicos a la pared o al poste por medio de los orificios que quedan accesibles a los lados o el paso de una brida por cada una de las ranuras del soporte metálico.

- 4.3 Para abrir la caja utilice un destornillador o similar haciendo palanca para retirar los broches de presión.

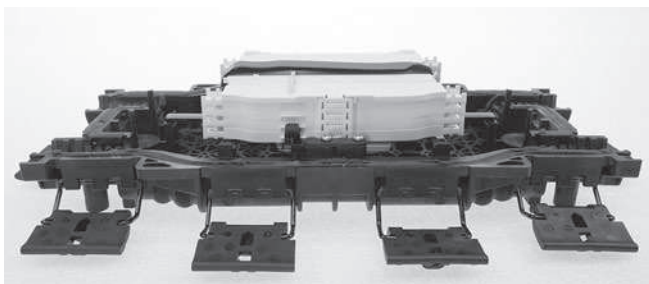


- 4.4 Una vez abierta la tapa puede retirarse si lo desea la tapa liberando los dos cintillos que unen tapa y base.

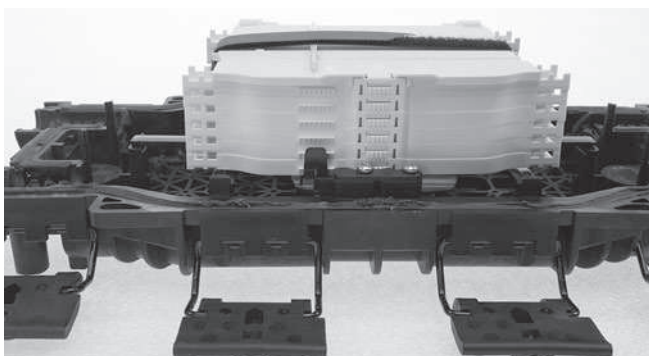


- 4.5 Para acceder al fondo de la caja donde podrá almacenar el bucle del cable en paso o bucle de cable de acometida, libere la cinta autoadherente y a continuación libere con el dedo la uñeta que bloquea el conjunto de bandejas.

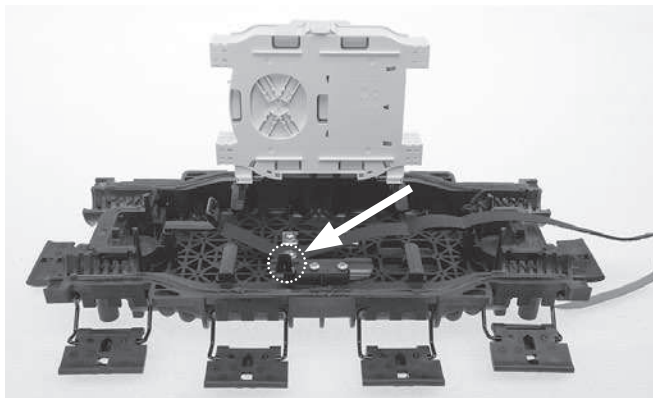
Versión de 4 bandejas



Versión de 6 bandejas

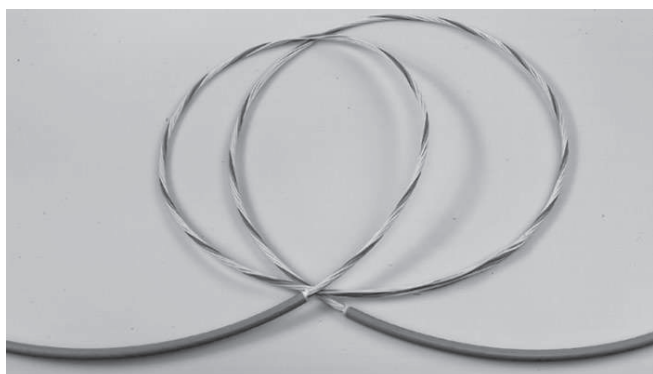


4.6 Una vez liberada podrá girar el conjunto.

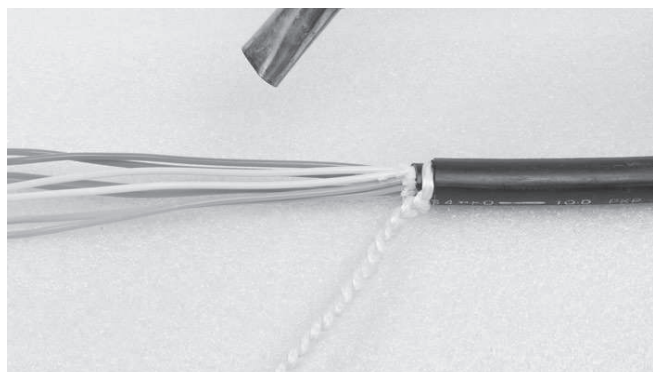


5 Preparación del cable

5.1 Recorte una ventana de 2600 mm. si el cable es en paso. Si es en punta retire las cubiertas la misma longitud.



5.2 Aplique calor sobre los tubos para eliminar la tensión.



5.3 Corte el elemento de refuerzo central en ambos lados a 10 mm de la cubierta. La cubierta exterior e interior deberán quedar a la misma altura.



5.4 Coloque el elemento de fijación del cable con la ayuda de la abrazadera cuidando que la cabeza quede en la parte interior de la caja una vez que coloque el conjunto en su alojamiento.

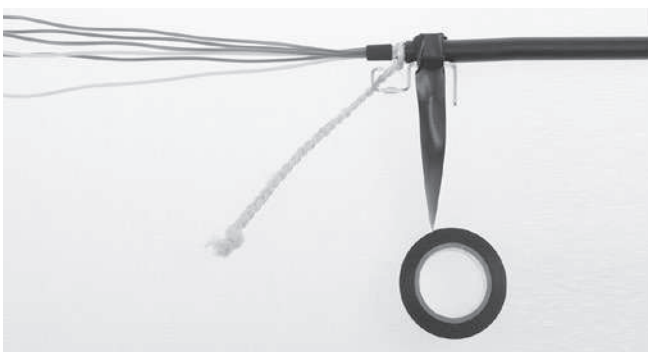


5.5 Coloque cinta de espuma sobre los tubos holgados a 1 cm de la cubierta.

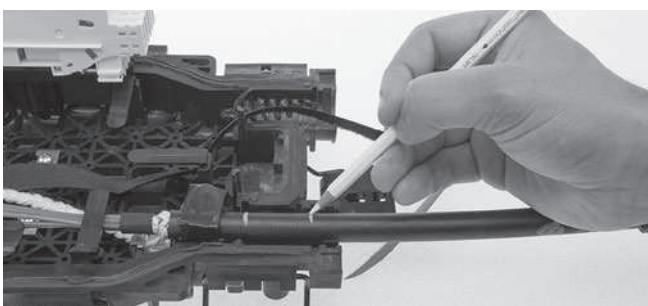
5.6 Dependiendo de la posición del cable en la caja, situar la abrazadera en una posición tal que el tornillo esté situado hacia el centro de la caja. Para las posiciones 1 y 2, la abrazadera de cable está en el lado opuesto de las posiciones 3 y 4. En la imagen de abajo el lugar que ocupa el tornillo de la abrazadera de cable está marcado con una X



5.7 Proteja el conjunto con cinta adhesiva



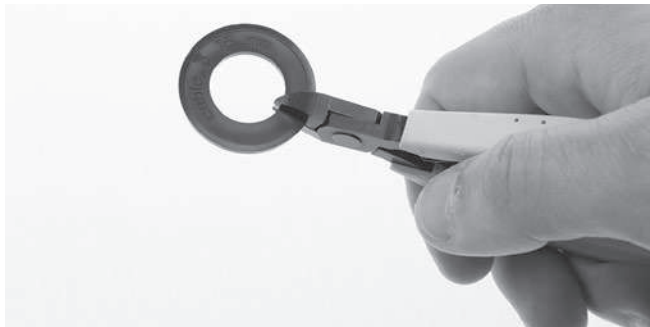
5.8 Coloque el conjunto en su alojamiento insertando el soporte de cable en la ranura de la base, marque con un rotulador a la altura de las dos ranuras donde se alojarán los discos de sellado



5.9 Elija el aro de sellado que mejor se adapte al diámetro del cable.



5.10 Corte el aro de plástico por la línea marcada.



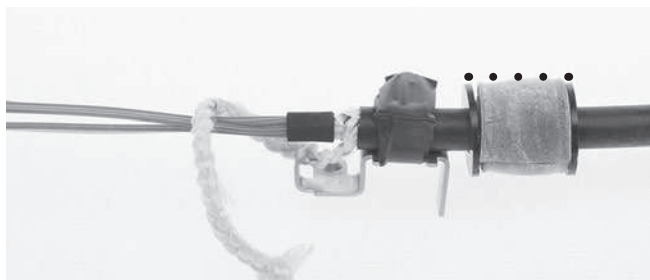
5.11 Limpie el cable con la toallita.



5.12 Coloque los aros de plástico en el lugar de las marcas y adhiera la cinta de gel al cable justo entre los dos aros.



5.13 Enrolle la cinta de gel sobre el cable sin tirar de la banda de manera uniforme hasta que llegue a la altura de los discos y **de una vuelta más**, entonces deberá cortar la banda.



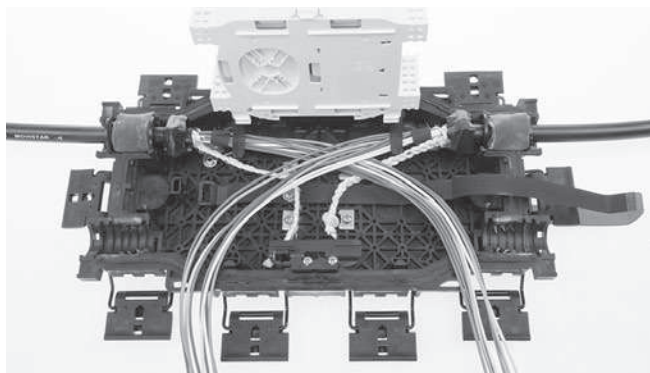
5.14 Aplique el aceite de silicona que encontrará en el sobre, sobre el conjunto de gel y los aros de plástico.



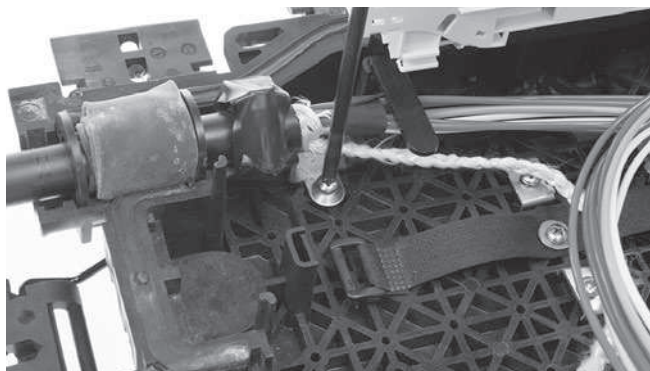
6 Instalación del cable

6.1 Instalación del cable en paso

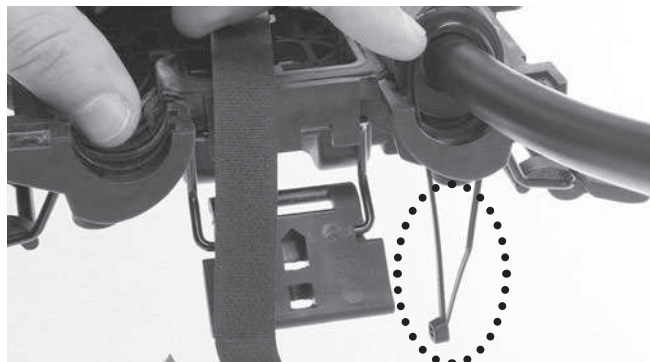
6.1.1 Sitúe el conjunto del cable introduciendo la lengüeta del elemento de retención del cable en la ranura de la base.



6.1.2 Fije el conjunto de retención del cable con el tornillo a la base



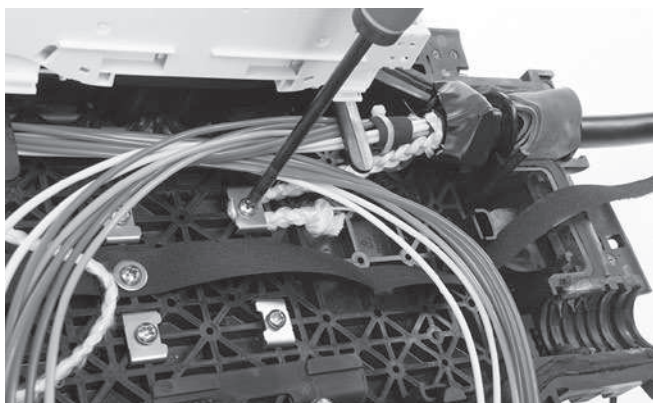
6.1.3 Fije el cable con el cintillo negro. Coloque los aros de sellado de manera que el corte quede siempre hacia abajo.



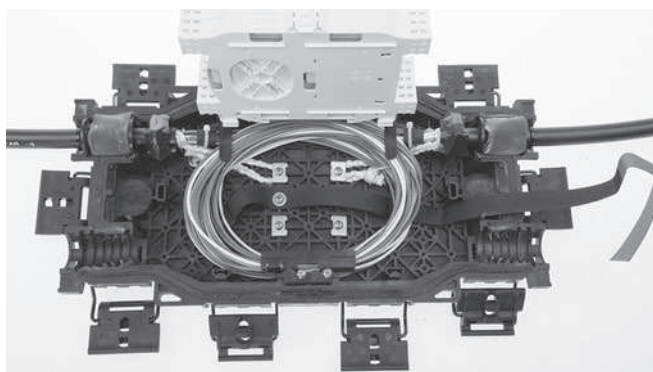
6.1.4 Fije los tubos holgados con un cintillo blanco sobre la zona de la cinta de espuma al anclaje del soporte.



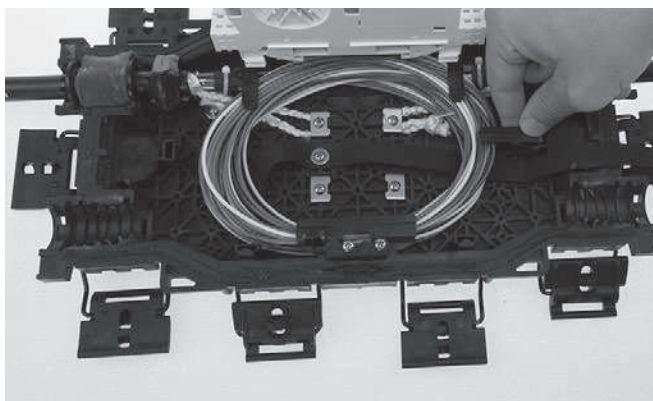
6.1.5 Fije la trenza de aramida en la base con la ayuda de las presillas metálicas.



6.1.6 Coloque el bucle de tubos holgados en el fondo de la base



6.1.7 Para retener el bucle puede utilizar las pestañas removibles que se fijan en la base.

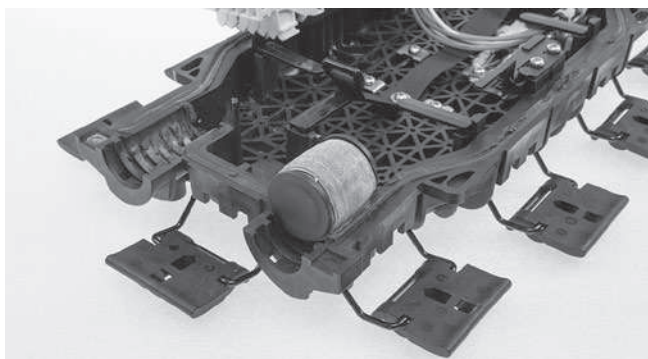


6.2 Instalación del obturador ciego

6.2.1 Envuelva el obturador de plástico con la cinta de gel como se describe en 5.11

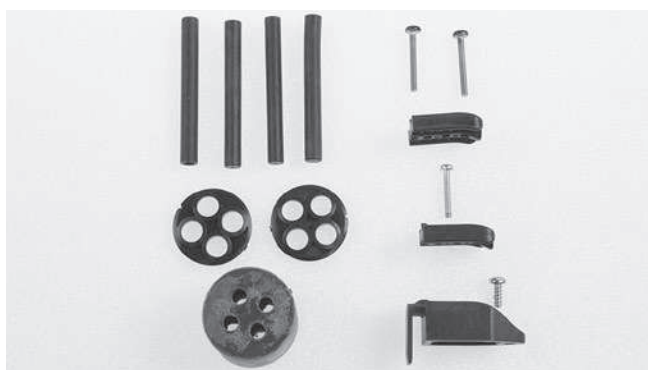


6.2.2 Colóquelo en la entrada a obturar y sujete el conjunto con un cintillo a la base. Colóquelo en el alojamiento de la entrada de cable, con la cara ciega hacia el exterior de la caja

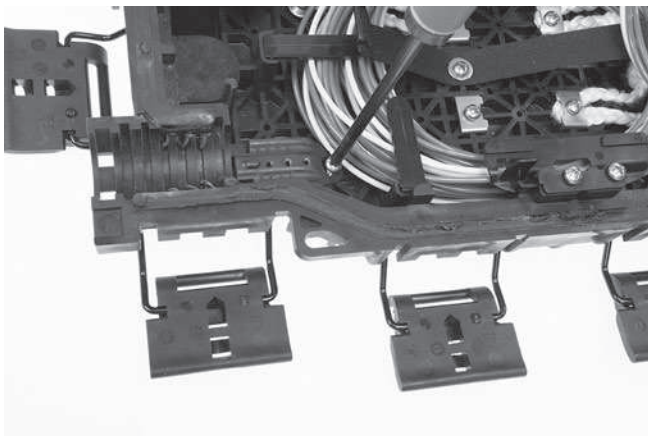


6.3 Instalación de los cables de distribución hasta 8 mm – acceso múltiple

6.3.1 Puede utilizar cualquiera de las bocas que queden libres una vez haya instalado el cable de alimentación. Para ello deberá utilizar los elementos de anclaje de cuatro cables.



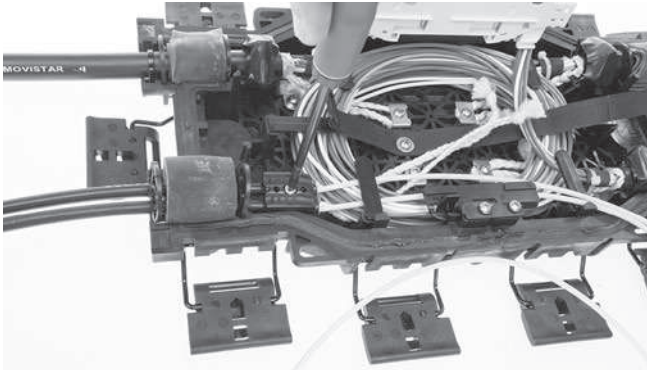
6.3.2 Fije a la base la pieza inferior del retenedor con un tornillo



6.3.3 Pase primero uno de los aros de plástico por el cable,. Pase el cable por uno de los orificios del bloque de gel y por último coloque el segundo aro de plástico.

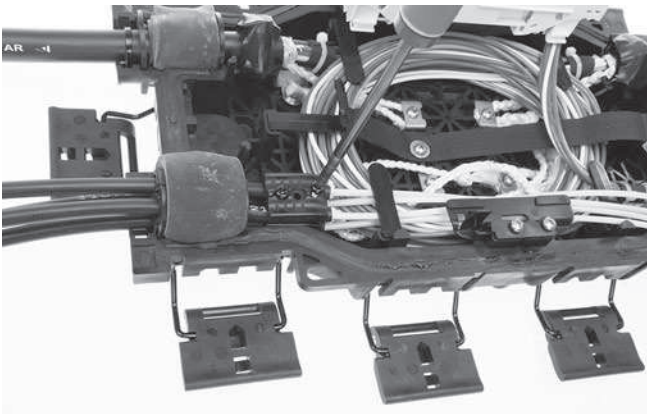


6.3.4 Coloque la pieza metálica sobre el cable y fíjela con el tornillo más corto en el orificio central.

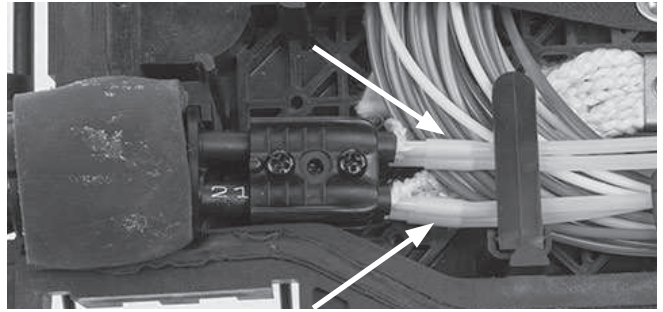


6.3.5 Si no va a instalar más cables, coloque los elementos de obturación en las entradas libres, con el lado abierto hacia dentro, sujételos con la segunda pieza metálica encima y fije el conjunto con los dos tornillos más largos en los orificios exteriores.

6.3.6 Si necesita instalar un nuevo cable utilice las entradas libres de abajo a arriba. En el caso que sea el segundo cable, retire las dos piezas metálicas y un obturador de plástico. Coloque el segundo cable al lado del primero, habiéndolo pasado por uno de los orificios del bloque de gel y por los dos aros de plástico. Coloque la primera pieza metálica y a continuación los obturadores de la tercera y cuarta entradas, por último coloque la segunda pieza metálica y fíjela con los dos tornillos exteriores.



6.3.7 En el caso de que alguno de los tubos sea demasiado rígido podrá utilizar los tubos de transportes que se suministran en el kit. Para ello corte el tubo holgado a 2 cm de la cubierta.



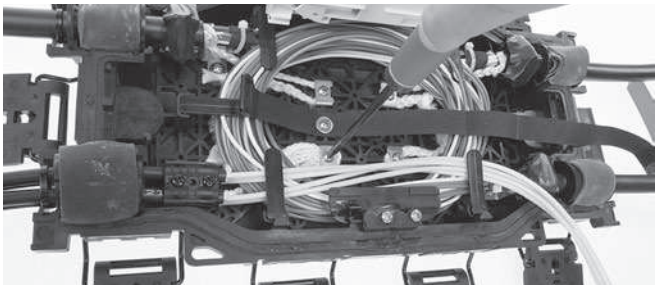
6.3.8 Si el tubo holgado tiene 3 mm de diámetro utilice el elemento de conexión para unir ambos tubos.

6.3.9 Si el tubo holgado es de 4 mm o mayor, introduzca el extremo estrecho del tubo de transporte dentro del tubo holgado 3 cm como se ve en la foto.

6.4.10 Por último fije el conjunto de tubos a la base con un cintillo negro



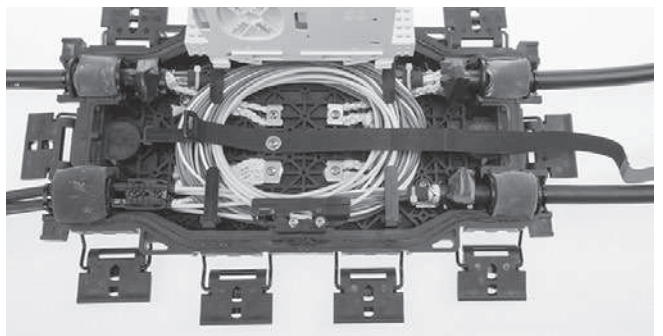
6.4.11 Fije la trenza de aramida en la base con la ayuda de las presillas metálica.



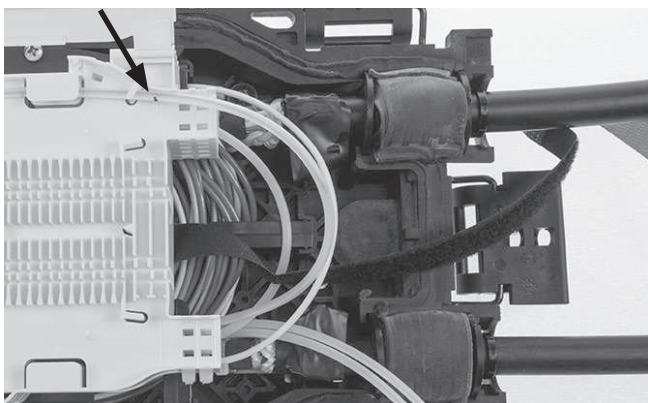
7 Preparación de las fibras

7.1 Tome el tubo holgado que deba utilizar para el servicio, del bucle almacenado en el fondo de la caja. Córtele por el extremo opuesto al lado de alimentación, al menos con una longitud de 1,5 m.

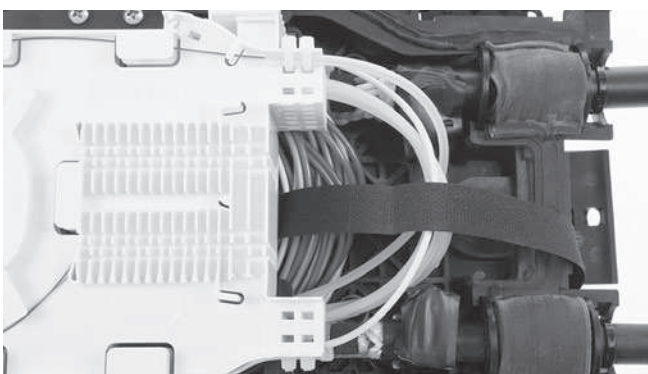
7.2 Pele el tubo a 34 cm de la fijación del cable. Retire el tubo holgado sobrante y retire el gel del mazo de fibras con el paño con alcohol.



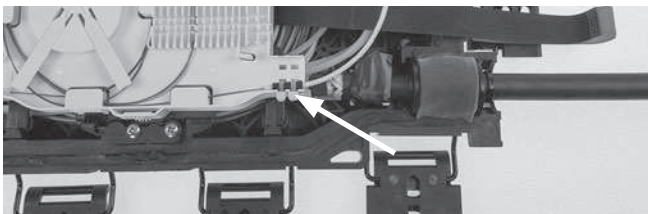
7.3 Lleve el tubo a la bandeja de manera que permita el giro del conjunto. Marque el punto a cortar.



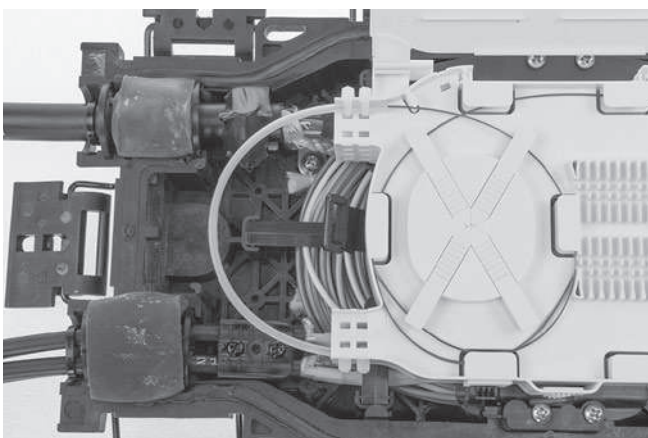
7.4 Si el tubo holgado del cable va directamente a la bandeja, coloque una vuelta de cinta de espuma en el extremo del tubo y sujételo con dos cintillos a la bandeja.



7.5 Fije el tubo holgado a la bandeja utilizando dos cintillos



7.6 El paso de fibras entre bandejas se realiza mediante los tubos de transporte. Fíjelos a la entrada de la bandeja mediante cintillos.



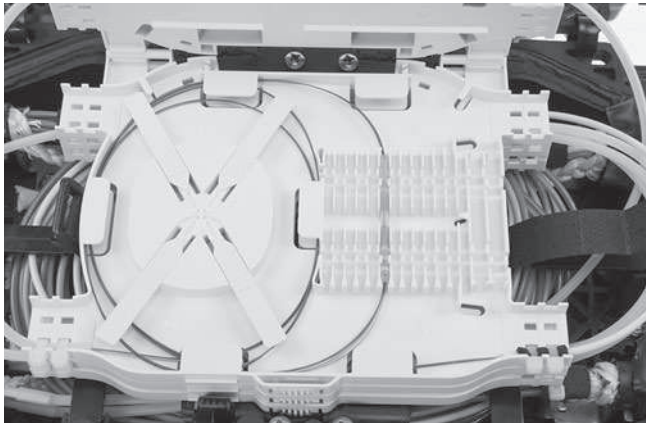
7.7 Almacene las fibras enrollándolas alrededor de la isla de la bandeja. Cuando termine deslice las pestañas para evitar que se salgan.

8 Empalme y almacenamiento de las fibras

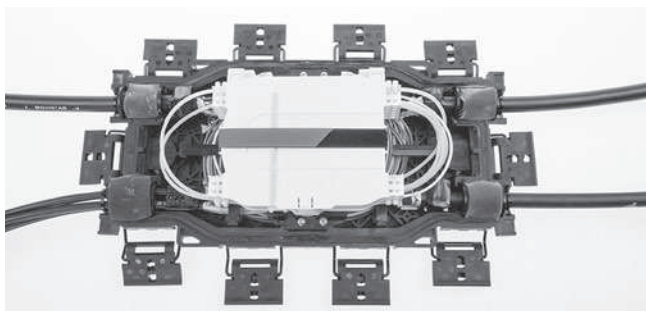
8.1 Coloque y sujete la caja FOSC 350C en un lugar de trabajo adecuado junto a la fusionadora.

8.2 Tome la fibra que vaya a fusionar de la zona de almacenamiento. Enhebre el protector de fusión termocontraíble en un lado de la fibra a fusionar. Tome la otra fibra y llévelas a la fusionadora. Realice la fusión y coloque el protector (p.e. SMOUV) siguiendo las recomendaciones del método de fusión a emplear.

8.3 Una vez realizada la fusión coloque el protector en el alojamiento de la bandeja y almacene las fibras en la isla central.

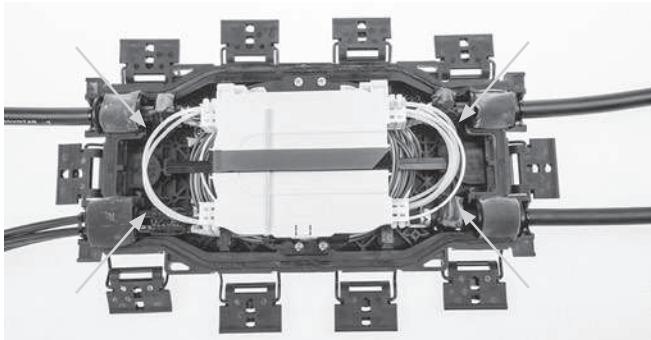


8.4 Cuando haya terminado de realizar las fusiones, cierre el conjunto y coloque la cinta autoadherente alrededor del conjunto. Procure que el elemento de plástico de tensado de la cinta quede a un lado del conjunto de bandejas y no en la parte superior.

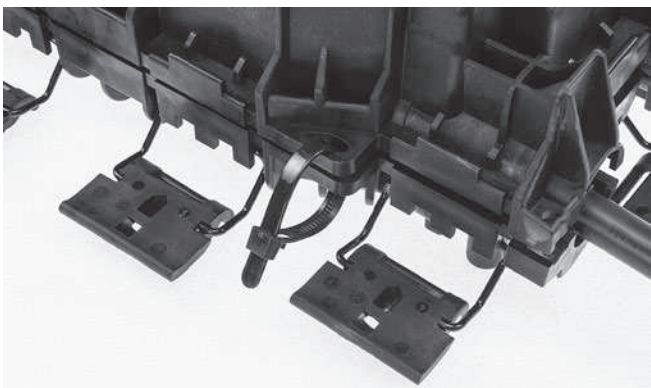


9 Cierre de la caja

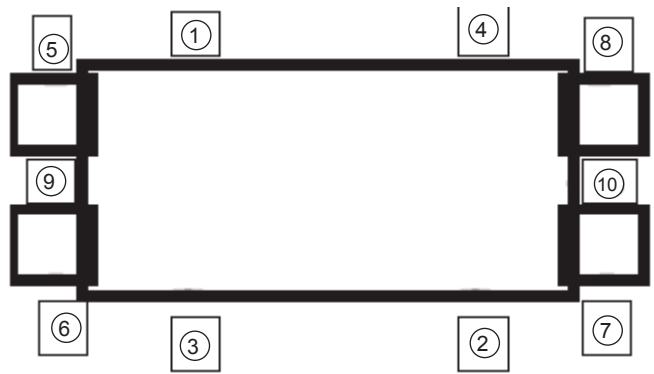
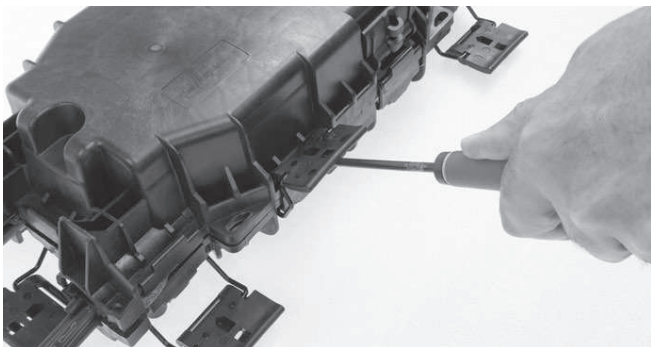
9.1 IMPORTANTE: Antes de colocar la cubierta compruebe que los tubos holgados y los tubos de transporte no sobresalen del perímetro de cierre de la caja, de otro modo se podrían dañar al colocar la cubierta. Asimismo compruebe que los aros de sellado de los cables están correctamente alojados en las ranuras de la base y la tapa.



9.2 Vuelva a colocar los cintillos liberables



9.3 Abroche los cierres en el orden indicado. Puede hacerlo con la mano teniendo cuidado de no pillarse los dedos o con la ayuda de una herramienta.

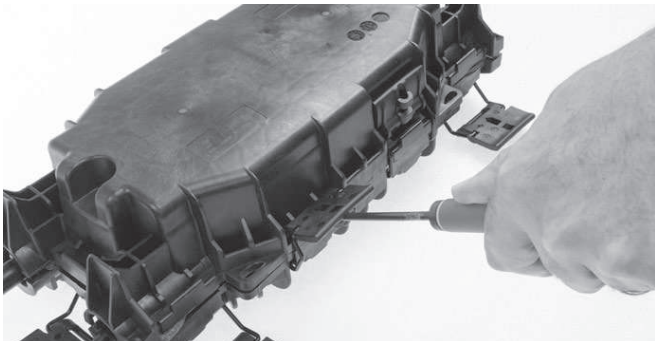


9.4 Si retiró los cintillos que unen la tapa y la base vuelva a colocarlos



10 Re apertura de la caja

10.1 Abra los cierres en el orden inverso del cierre. Puede hacerlo con los dedos o con la ayuda de una herramienta como un destornillador.



Tyco Electronics Raychem bvba

Diestsesteenweg 692
B-3010 Kessel-Lo, Belgium
Tel.: 32-16-351 011
Fax: 32-16-351 697
www.te.com
www.te.com/bns

FOSC, el logo de TE y TE Connectivity son marcas registradas..

Los usuarios deben evaluar de forma independiente la idoneidad de cada producto para la aplicación deseada. Las obligaciones de TE Connectivity son únicamente las establecidas en los Términos y Condiciones Estándar de Venta de TE Connectivity y la empresa se deslinda de cualquier garantía implícita referente a la presente información incluyendo sin limitación, las garantías de calidad comercial o idoneidad para un fin determinado.n.